J. ADAMEK, A. GLASS

NAUKA PILOTAŻU SZYBOWCOWEGO

WOJSKOWE MON

J. ADAMEK, A. GLASS

NAUKA PILOTAŻU SZYBOWCOWEGO

Okładkę projektował
TADEUSZ BOGDAŃSKI

Zdjęcia
BERNARD KOSZEWSKI

Redaktor: A. DUMA
Redaktor techn.: Z. PŁATEK

Printed in Poland
Na zlecenie Aeroklubu PRL
Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej
Warszawa 1959 r. Wydanie I

Nakład 20 000 egz. Objętość 8,4 ark. wyd, 9 ark. druk.
Papier druk. sat. V kl. 70 g. Format 61×86/16
z Fabryki Papieru we Włocławku
Oddano do składu 29.12.58. Druk ukończono w marcu 1959 r.
Wojskowa Drukarnia w Łodzi. Zam. nr 1135 z dn. 29.12.58.
Cena zł 6,20 —— S-4

WSTĘP

„Nauka pilotażu szybowcowego" obejmuje zasadnicze wiadomości potrzebne do początkowego szkolenia szybowcowego.

Rozdział I zawiera garść ogólnych wiadomości o szybownictwie, o tym, jak zostać pilotem, o organizacji szybownictwa, o niektórych przepisach ruchu na lotnisku, informacje o samym przebiegu szkolenia szybowcowego i wreszcie parę słów o historii szybownictwa.

W rozdziale II zatytułowanym „Zasady lotu" znajdują się wiadomości z aerodynamiki, mechaniki lotu i techniki pilotażu.

Rozdział III zawiera wiadomości z zakresu budowy i użytkowania szybowców, przyrządów pokładowych, urządzeń startowych i spadochronów.

Rozdział IV poświęcony jest meteorologii.

Na zakończenie każdego rozdziału podana jest literatura pomocnicza, natomiast na końcu broszury znajdują się pytania egzaminacyjne.

Tematyka książki opracowana jest zgodnie z programem szkolenia szybowcowego i zawiera całość materiału teoretycznego, obowiązującego przy podstawowym szkoleniu szybowcowym.

Złożenie w aeroklubie przed instruktorem szybowcowym egzaminu z wynikiem pozytywnym z zakresu niniejszego kursu jest warunkiem przyjęcia na praktyczne szkolenie szybowcowe. Dla osób, które zdadzą egzamin z wynikiem celującym, aerokluby regionalne przewidują wyróżnienia w postaci lotów pasażerskich.

Dyrekcja Aeroklubu
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

ROZDZIAŁ I

WIADOMOŚCI OGÓLNE O SZYBOWNICTWIE

JAK ZOSTAĆ PILOTEM

Wysoko ponad Tobą wśród chmur błysnęła smukła sylwetka szybowca. Drgnęło Twoje serce? A może pomyślałeś: Och, żeby tak można było znaleźć się za sterem takiej maszyny!

Chcesz zostać pilotem? Czy jesteś pewny, że postanowienie to nie jest zbyt pochopne? Przyszły lotnik umie przemyśleć swą decyzję i, jeśli uzna ją za słuszną, nie cofa jej. Nawet mimo wielu przeszkód osiąga zamierzony cel. Lotnicy twierdzą, że nie ma rzeczy niemożliwych, o ile się tego naprawdę chce. A czy ty potrafisz się zdobyć na maksimum silnej woli?

Jeśli chcesz latać, musisz zdać sobie sprawę z tego czaru, jaki zawiera w sobie słowo: lotnictwo. Czy rozumiesz, że w słowie: latać, znajduje się wszystko, co piękne, co tchnie wieczną młodością i zdrowiem, poświęceniem i odwagą, mądrością i wiedzą, silną wolą i bohaterstwem? To wszystko jest treścią życia prawdziwych ludzi przestworzy.

Latać — może każdy. Lecz nie wszyscy mogą być prawdziwymi lotnikami. Prawdziwymi lotnikami mogą być tylko najlepsi z najlepszych. Czy lubisz rzeczy trudne? Dostępne tylko dla najwytrwalszych, najmocniejszych, najśmielszych?

Jeśli więcej cenisz NAUKĘ niż lenistwo, KOLEŻEŃSTWO niż karierę, SPORT niż gnuśność, ODWAGĘ niż tchórzostwo, SKROMNOŚĆ niż zarozumialstwo...

Jeśli jesteś gotów do POŚWIĘCEŃ nic w zamian nie żądając...

To masz te cechy charakteru, jakie powinien mieć prawdziwy lotnik!

„Lotnictwu jest potrzebna młodzież o wysokich walorach moralnych... Takich właśnie potrzebuje lotnictwo, tylko tacy w pełni zdadzą swój egzamin życiowy w powietrzu" — oto słowa słynnego pilota myśliwskiego 2 wojny światowej pułkownika Stanisława Skalskiego.

Skoro postanowiłeś zostać prawdziwym lotnikiem — to już od dzisiaj zacznij się przygotowywać do latania.

A co jest najważniejsze dla lotnika? Charakter, zdrowie, wiedza i umiejętności praktyczne.

Jaki ułożyć plan działania? Żeby zostać wyczynowym pilotem szybowcowym czy pilotem samolotowym, trzeba zacząć od kursu szybowcowego.

Gdzie odbywają się takie kursy? W aeroklubach i na szybowiskach, których rozmieszczenie podaje mapka (rys. 1).

Pytasz o warunki przyjęcia na szkolenie? Musisz odpowiadać następującym warunkom i zdobyć następujące zaświadczenia:

1. Świadectwo badań lotniczo-lekarskich z orzeczeniem „Zdolny do szkolenia szybowcowego".
2. Świadectwo z teoretycznego kursu szybowcowego.
3. Zaświadczenia o ukończeniu 8 klasy i kontynuowaniu nauki.
4. Zaświadczenie o ukończeniu 16 lat (odpis metryki urodzenia).
5. Zezwolenie rodziców na szkolenie szybowcowe poświadczone przez Komitet Blokowy, prowadzącego meldunki lub MO (o ile kandydat nie ma ukończonych 18 lat).

Kurs pilotażu w szkole szybowcowej lub na obozie letnim w aeroklubie trwa cztery do sześciu tygodni.

Jeśli nie masz jeszcze 16 lat, nie możesz w tym roku pojechać na szybowisko. Lecz to nie powód, byś się nie przygotowywał już od dziś do latania. Dużo może Ci dać należenie do koła lotniczego, harcerskiego zastępu lotniczego czy modelarni. A jeśli nie ma ich w Twej miejscowości — to załóż je. Przecież chcesz być lotnikiem, a lotnicy zawsze dają sobie radę, również ze sprawami trudnymi.

Rys. 1. Mapa aeroklubów i szkół szybowcowych

CHARAKTER I CECHY PSYCHICZNE

Jakie cechy charakteru i cechy psychofizyczne są potrzebne lotnikowi? Jest ich dość dużo, lecz najważniejsze to: silna wola, spostrzegawczość, opanowanie, obowiązkowość i koleżeńskość.

Wyobraź sobie lot w czasie szalejącej burzy, w nocy czy we mgle. Ile wymagają one silnej woli, by się nie załamać. Jakże często w powietrzu jest konieczne zdecydowanie, stanowczość i wytrwałość.

Gdyby pilot był niespostrzegawczy, już zaraz po starcie „zgubiłby" lotnisko i stracił orientację, nie zauważył wskazań przy-

rządów i niewłaściwego zachowania się szybowca w locie i... lepiej sobie nie wyobrażać lotu takiego pilota. Spostrzegawczość, szybka orientacja, szybka decyzja, dobra pamięć wzrokowa, umiejętność skupienia i dzielenia uwagi — to wymagania stawiane dobremu pilotowi.

Czy umiesz obserwować, spostrzegać? Obserwacja to 50% nauki latania. Obserwacja lotów ptaków, modeli i szybowców, odgadywanie przyczyn zachowania się szybowca w powietrzu oraz zamierzeń pilota — nauczą Cię patrzeć.

Czy wiesz, jak brzmi prawidłowa odpowiedź na pytanie: co pilot powinien uczynić, gdy stwierdzi, że grozi mu niebezpieczeństwo? Po pierwsze zachować spokój, a dopiero potem zastosować odpowiednie środki zaradcze. Przede wszystkim zachować spokój. Najwięcej uszkodzeń szybowców jest spowodowane przez zdenerwowanie. Ćwicz się w zachowaniu zimnej krwi, opanowaniu i cierpliwości. Chyba nie pozwolisz, by nerwy rządziły Tobą zamiast Ty nimi.

Czy wsiadłbyś do szybowca, gdybyś nie był pewien, że wszystkie śruby i sworznie zostały zabezpieczone, że wszystkie mechanizmy zmontowane są bezbłędnie? Gra idzie o Twoje życie i życie Twych kolegów. Brak odpowiedzialności i brak poczucia obowiązku są w lotnictwie niedopuszczalne. Najmniejsza niesolidność i niedokładność mogą być okupione bardzo drogo. Z dokładnością wiąże się systematyczność, z solidnością — oczywiście — słowność. Co by było, gdybyś nie mógł polegać na słowie mechanika czy innego kolegi?

Czy zauważyłeś, jak prawdziwy pilot dba o swój szybowiec? Szybowiec to współtwórca jego osiągnięć. Dlatego dla pilota szybowiec to wierny przyjaciel, któremu należy się wdzięczność i troskliwa opieka. Bezmyślne uszkodzenie szybowca jest w jego pojęciu tak samo oburzające jak wyrządzenie krzywdy człowiekowi czy zwierzęciu. Strata zaś ulubionego szybowca jest dlań dużym smutkiem. Tylko że to są już osobiste sprawy pilotów... a o sprawach osobistych nie mamy zwyczaju wszystkim opowiadać.

Czy sam bez pomocy kolegów możesz wystartować, czy sam jesteś w stanie przetransportować szybowiec z hangaru na start?

Latanie wymaga koleżeńskości. I nie tylko koledzy będą tego od Ciebie żądać. Jak instruktorzy i doświadczeni piloci traktują koleżeńskość — posłuchaj. Niedawno na jednym z naszych szybowisk najlepszy ze szkolonych pilotów, który o dzień prędzej od kolegów ukończył wyszkolenie — przestał pomagać swym kolegom na starcie. Skutek? Został wyrzucony z szybowiska, nie otrzymał świadectwa i odznaki pilota, a był to ostatni dzień kursu.

Zastanów się więc, jaki Ty jesteś? Jakie cechy musisz w sobie wyrobić? Ćwicz je codziennie, na każdym kroku. Może do niektórych będziesz musiał sobie ułożyć „gimnastykę" — np. do ćwiczenia spostrzegawczości, opanowania lub silnej woli.

WYMAGANIA ZDROWOTNE

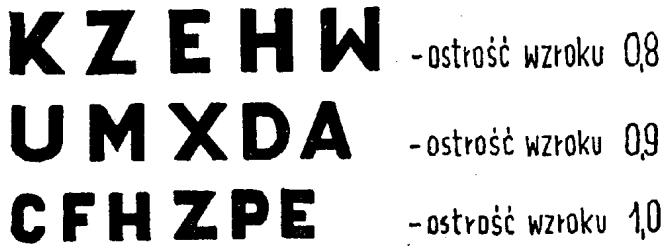
Kandydat na pilota musi przejść przez badania lotniczo-lekarskie w wojewódzkiej Przychodni Sportowo-Lekarskiej. Skierowania na badania wydają aerokluby.

Celem zorientowania się w swych możliwościach warto poddać się badaniom próbnym. Najwygodniej załatwić je dla całej grupki entuzjastów lotnictwa. Pozwolą one na wykrycie niedomagań zdrowia i w wielu wypadkach na podleczenie się pod opieką lekarza jeszcze przed badaniami lotniczo-lekarskimi.

Badania próbne opieramy na programie badań lotniczo-lekarskich.

1. Prześwietlenie płuc. Należy skorzystać z prześwietlenia w szkole lub wziąć skierowanie do przychodni. Zmiany gruźlicze w płucach dyskwalifikują.

2. Badanie wewnętrzne. Zwracamy się do lekarza szkolnego lub zakładowego, prosząc o zmierzenie ciśnienia krwi. Ciśnienie krwi nie może przekraczać 150 mm słupka rtęci. Również ważne jest tętno. Normalnie po odpoczynku tętno powinno wynosić około 72 uderzenia na minutę, zaś po 10 przysiadach około 95 na minutę. Na serce źle wpływają chore zęby. Nie zaplombowane uzębienie dyskwalifikuje. Ważny jest też wzrost oraz ciężar ciała. Wymagany jest wzrost co najmniej 157 cm, ciężar zaś ciała musi przekraczać 45 kg.



Rys. 2. Tablica Snellena

3. Badania okulistyczne. Wymagana jest ostrość wzroku 1.0 wg tablicy Snellena (rys. 2) oglądanej każdym okiem osobno z odległości 5 m. Daltonizm (nierozróżnianie barw) oraz silny zez również dyskwalifikują. Aby sprawdzić zdolność oceny odległości, można ustawić na stole 3 pudełka od zapałek, oddalić się o 5 m i, mając oczy na wysokości blatu stołu, powiedzieć, które z pudełek przesunąć do przodu czy do tyłu, tak by wszystkie stanęły na jednej odległości ze środkowym pudełkiem. Maksymalny błąd może wynieść 40 mm.

4. Badania laryngologiczne. Usłyszeć szept z sześciu metrów każdym uchem osobno. Chore migdałki lub skrzywiona przegroda nosowa — dyskwalifikują. Badania równowagi: po 10 obrotach ustawić stopę przed stopą (nie obok) i utrzymać równowagę przez 60 sek.

5. Badania neurologiczne. Wyciągnąć ręce przed siebie i zamknąć oczy. Palce nie powinny drżeć. Usiąść na krześle i założyć nogę na nogę. Przy uderzeniu kantem dłoni trochę poniżej jabłka kolana, noga nie powinna zbytnio podskoczyć, lecz również nie może pozostać nieruchoma.

Aby dokładniej poznać warunki, jakie musi znosić organizm ludzki w locie, warto zaznajomić się z książkami: Bober: „Higiena lotnicza dla szybowników", oraz Platonow: „Człowiek w locie".

Jeśli chcesz mieć „lotnicze" zdrowie, przestrzegaj wskazań lekarskich dla lotników, które brzmią następująco:

1. Lotnik uprawia codzienną gimnastykę oraz sport.
2. Nie czyta przy jedzeniu, w łóżku i przy złym oświetleniu.

Podczas czytania i pisania książkę czy papier trzyma w odległości 30 do 40 cm od oczu.

3. Nie pije alkoholu pod żadną postacią.
4. Nie pali tytoniu.
5. Jada posiłki zawsze o tych samych porach.
6. Sypia systematycznie, kładzie się spać zawsze o tej samej godzinie.
7. Dba o zęby; dobrze je czyści i szybko naprawia je u dentysty.

KURSY TEORETYCZNE

Aerokluby organizują w okresie zimowym kursy teoretyczne, które odbywają się zazwyczaj dwa lub trzy razy w tygodniu w godzinach wieczornych oraz w niedzielę i trwają około dwóch miesięcy.

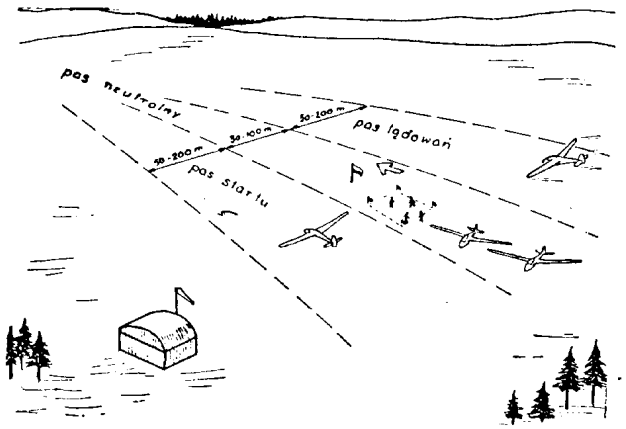
Kurs ten można przerobić również samemu. Byłoby jednak najlepiej zebrać grupę chętnych spośród entuzjastów lotnictwa i przerabiać materiał szkoleniowy zespołowo, np. w kole lotniczym lub harcerskiej drużynie lotniczej. Warto również w czasie kursu przeprowadzać ćwiczenia, doświadczenia, a nawet gry, które pozwolą na lepsze utrwalenie w pamięci zdobytych wiadomości.

Jak przerabiać kurs? Można na przykład umówić się, że w bieżącym tygodniu przerabiamy w domu treść danego rozdziału, a następnie urządzamy gry sprawdzające wiadomości wszystkich. Warto się też porozumieć z kimś z aeroklubu, najlepiej z pilotem, który by udzielał wyjaśnień w przypadku rzeczy niezrozumiałych. Z prośbą o pomoc zawsze można się zwrócić do instruktora szybowcowego najbliższego aeroklubu. Wycieczka na lotnisko na pewno ułatwi zapoznanie się z konstrukcją szybowców i budową spadochronu.

JAK PORUSZAĆ SIĘ PO LOTNISKU

Trzeba umieć poruszać się po lotnisku. W celu zapoznania się z tą sztuką należy najpierw wyjaśnić sobie kilka nazw, może nie wszystkim dokładnie znanych. Zacznijmy od słowa „start". W po-

jęciu lotniczym jest to nie tylko miejsce, z którego odbywają się starty szybowców lub samolotów, lecz jest to część powierzchni lotniska, zajęta do obsługi latania. Oprócz właściwego miejsca, z którego odbywają się starty, należy tu jeszcze: pas lądowania i pas neutralny. Po pasie neutralnym odbywa się transport szybowców lub kołowanie samolotów po wylądowaniu. Jest on położony zazwyczaj w środku pomiędzy pasem startu i pasem lądowania (rys. 3). Przez słowo „start" rozumie się również miejsce



Rys. 3. Start szybowcowy

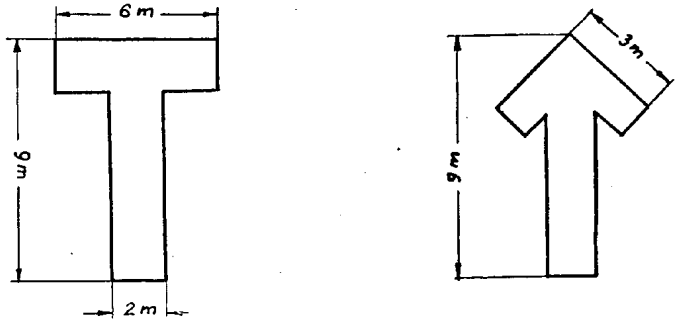
na lotnisku, na którym przebywają w czasie trwania lotu osoby zainteresowane, miejsce postoju szybowców, samolotów itp. Najważniejszą częścią składową każdego startu jest znak startowy określający cały ruch po lotnisku i nad lotniskiem (kierunek startów, lądowań i lotów). Dla samolotów będzie to wyłożona z dużych białych płacht litera „T", a dla szybowców strzała (rys. 4). Znak ten oznacza również, że miejsce lądowania znajduje się po prawej stronie tego znaku.

Miejsce pobytu wszystkich osób na starcie oznaczone jest czterema czerwonymi chorągiewkami wytyczającymi kwadrat. W kwadracie przebywają piloci oczekujący swojej kolejki na lot i wszyscy goście przybyli na start.

Przed kwadratem znajduje się wbita w ziemię biało-czerwona chorągiew startowa określająca kierunek wiatru. Najczęściej

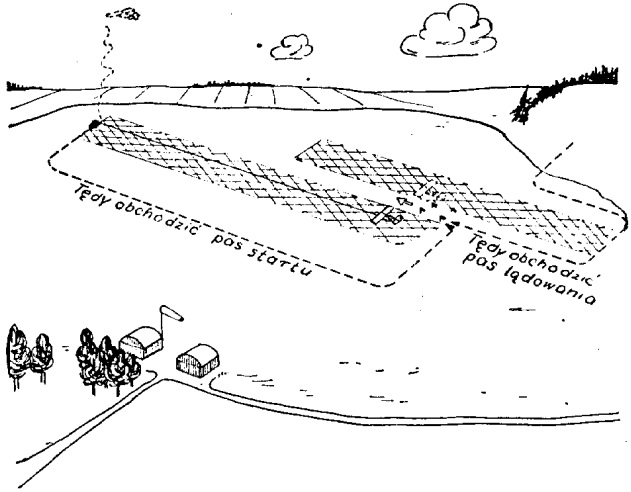
w pobliżu chorągwi startowej przebywa kierownik lotów, odpowiedzialny za wszystko, co dzieje się na starcie i w powietrzu. Po przybyciu na start u niego właśnie zgłaszać trzeba swoją obecność. Kierownik lotów zazwyczaj nosi na ramieniu opaskę.

Pasy: startowy, neutralny i lądowań należy sobie uzmysłowić na podstawie wyłożonego znaku startowego, ponieważ tylko przy niektórych lotach wytycza się je za pomocą małych chorągiewek koloru białego.



Rys. 4. Znaki startowe: samolotowy i szybowcowy

Spróbujmy teraz odpowiedzieć na pytanie postawione na wstępie: jak poruszać się po lotnisku? Trzeba zapamiętać kilka zasad: Przede wszystkim rozglądać się na wszystkie strony, widzieć



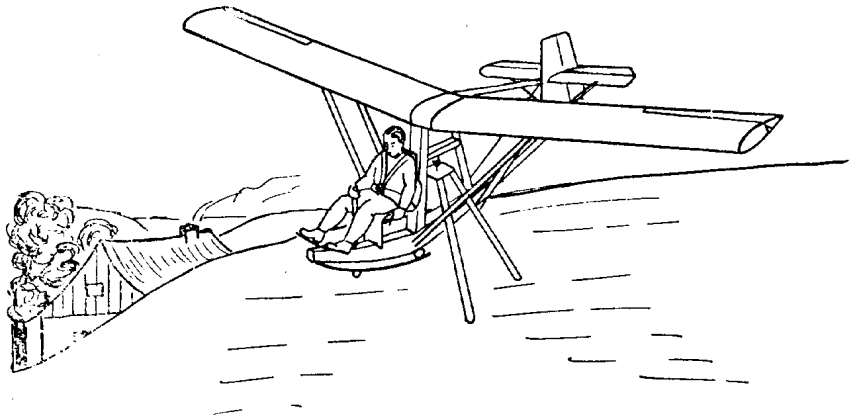
Rys. 5. Jak poruszać się po lotnisku

wszystko, co się dzieje dookoła w powietrzu i na ziemi. Nie powinno się przechodzić przez pasy startów i lądowań (na rys. 5 są one zakratkowane, linie przerywane wskazują sposób obchodzenia tych pasów). Pamiętać należy, że po lotnisku trzeba poruszać się „z życiem". O ile zajdzie potrzeba przejścia przez pas lądowania, wówczas po sprawdzeniu, czy nie zbliża się do lądowania jakiś statek powietrzny, należy pas przebyć biegiem.

Warto jeszcze zapamiętać, że czerwony kolor chorągiewki lub wystrzelonej rakiety oznacza zakaz przejścia przez lotnisko, a dla samolotu zakaz lądowania. Grupy zwiedzające lotnisko muszą mieć swego przewodnika znającego sposób poruszania się po lotnisku.

PRZEBIEG SZKOLENIA SZYBOWCOWEGO

Z pierwszym wrażeniem lotu zapoznaje się uczeń na chwiejnicy zwanej w gwarze szybowcowej „szubienicą". Jest to wysoki kozioł, na którym jest zamocowany za pomocą przegubu szybowiec szkolny (rys. 6). Chwiejnica ustawiona jest zwykle w miejscu dostępnym dla wiatru, najczęściej na wzniesieniu.

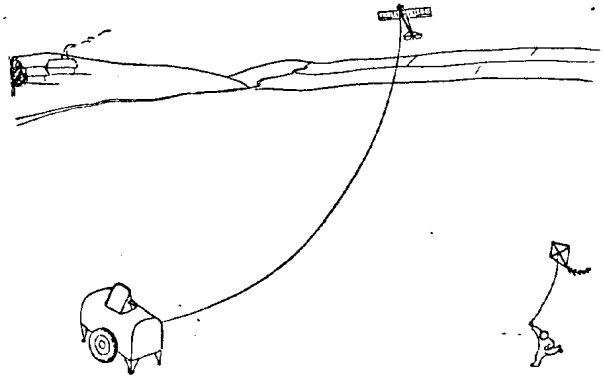


Rys. 6. Chwiejnica szybowcowa

Uczeń zajmuje miejsce w szybowcu i zaczyna się chwianie na wietrze. Wiatr kołysze szybowcem na wszystkie strony, a uczeń, wychylając stery, stara się utrzymać równowagę. W ten

sposób każdy zapoznaje się praktycznie z działaniem sterów szybowca.

W dalszej kolejności przychodzą tzw. szury szybowca po ziemi i małe skoczki, przy których szybowiec ledwo się od ziemi odrywa: Start szybowców, a więc i start przy szurach i skokach, może być przeprowadzany kilkoma sposobami. Szeroko rozpowszechnionym u nas sposobem jest start przy pomocy wyciągarki. Wyciągarka jest to urządzenie posiadające silnik spalinowy (samochodowy) napędzający bęben, na który nawijana jest mocna lina stalowa. Wyciągarkę ustawia się na skraju lotniska, z tej strony, skąd wieje wiatr. Na przeciwnym końcu lotniska ustawia się szybowiec i przeciąga do niego linkę od wyciągarki. Linkę

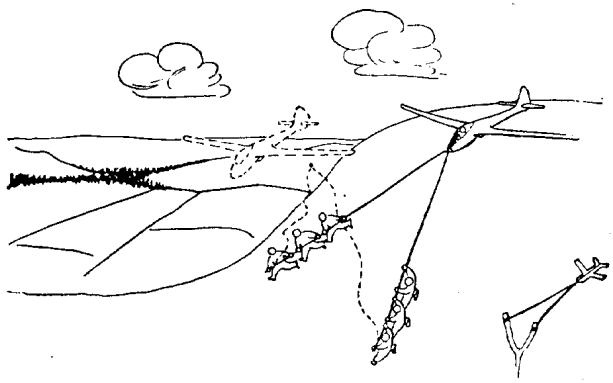


Rys. 7. Start szybowca przy pomocy wyciągarki

zaczepia się do szybowca. Po wymianie znaków sygnalizacyjnych następuje nawijanie linki na bęben. Z tą chwilą zaczyna się start szybowca. Początkowo szybowiec powoli rusza z miejsca, rozpędza się i unosi w górę, by wreszcie jak latawiec ciągnięty za sznurek wzbić się na dużą wysokość (rys. 7). Po nabraniu wysokości pilot w szybowcu wyzwala linkę wyciągarkową i od tej pory zaczyna się lot swobodny.

Innym sposobem startu szybowców jest start z gumowych lin startowych. Ten rodzaj startu można stosować jedynie w terenie górzystym. Polega on na tym, że szybowiec wyrzucony jest jak gdyby z procy za pomocą lin gumowych naciągniętych przez kilka osób (rys. 8).

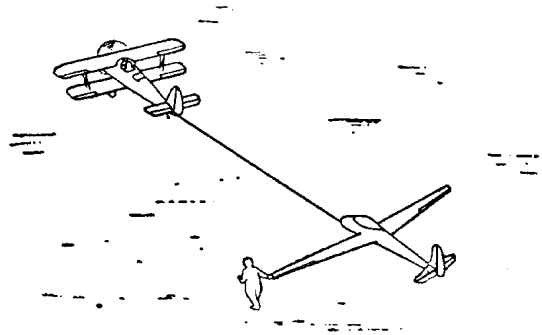
Trzecim sposobem uniesienia szybowca w powietrze jest start za samolotem. Potocznie nazywają go startem na holu. Stosują go jednak piloci, którzy już umieją latać. Do holowania szybow-



Rys. 8. Start szybowca z lin gumowych

ców używa się samolotów, które mogą holować przy prędkościach około 100 km/h. Start szybowca za samolotem przedstawia rys. 9.

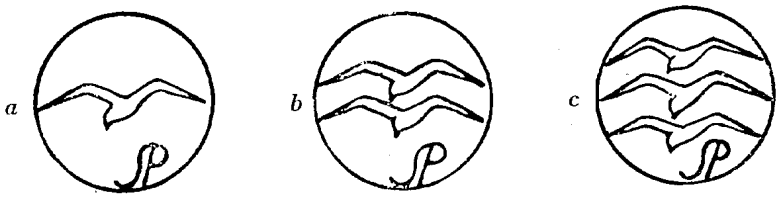
Wróćmy jednak do dalszego przebiegu szkolenia. Po opanowaniu sztuki utrzymywania równowagi podczas szurów po ziemi,



Rys. 9. Start szybowca za samolotem

które nie trwają dłużej niż kilka sekund, przychodzi kolej na skoczki, czyli małe loty do wysokości kilku i kilkunastu metrów. Teraz pilot zaczyna uczyć się odczepienia linki wyciągarkowej, lotu prostego i lądowania. Loty te odbywają się na szybowcu

typu „ABC". Właściwie wykonywane loty po prostej z zachowaniem kierunku i prędkości kwalifikują do otrzymania kategorii A pilota szybowcowego (rys. 10a). Nadawana była ona dawniej podczas szkolenia szybowcowego z lin gumowych. Stosując starty za wyciągarką uczniowie niepostrzeżenie przechodzą do



10. Odznaki szybowcowe: a — kategoria „A", b — kategoria „B", c — kategoria „C"

coraz trudniejszych zadań. Polegają one na wykonaniu zakrętów. Z kolei pilot opanowuje umiejętność wykonywania lotów z wysokiego startu i budowy kręgu nad lotniskiem z lądowaniem na miejscu startu. Wysokość uzyskiwana przy wykorzystaniu pełnej długości liny za wyciągarką wynosi od 200 do 300 m i pozwala już na zerknięcie na ziemię „z lotu ptaka". Opanowanie zakrętów na dwóch typach szybowców „ABC" i „Salamandrze" kwalifikuje ucznia do otrzymania kategorii B (rys. 10b). Jest to jednak jeszcze za mało, aby ukończyć pełne wyszkolenie podstawowe. W tym celu trzeba nauczyć się wykonywać loty po wyznaczonych trasach kręgu nadlotniskowego, a przede wszystkim umieć precyzyjnie lądować. Dopiero po odpowiednim przeszkoleniu i przejściu na szybowiec treningowy, to jest taki, który posiada kryty kadłub zamiast kratownicy, można otrzymać kategorię C, czyli trzecią klasę wyszkolenia pilota szybowcowego (rys. 10c). Szybowcami treningowymi, które obecnie używamy, są „Komar", „Sroka", „Gil" i „Mucha".

Jest jeszcze nowszy sposób uzyskania uprawnień pilota szybowcowego trzeciej klasy bez wyraźnego zróżnicowania na kategorie B i C. Jest to sposób szkolenia zwany dwusterowym. Polega on na lotach z instruktorem na szybowcu dwumiejscowym. Obecnie do tych lotów używamy szybowców typu „Czapla". Przy tego rodzaju szkoleniu loty odbywają się od razu

z wyciągarki na pełny wyciąg, a pierwsze loty samodzielne wykonywane są najczęściej na tym samym szybowcu, na którym trwała nauka, ale już bez instruktora.

Wszystkie opisane wyżej sposoby prowadzą do wspólnego celu. Jest nim opanowanie techniki lotu, oswojenie się z żywiołem, jakim jest powietrze, wyrobienie samodzielności myślenia w powietrzu i podejmowania właściwych decyzji. Pobyt w szkole szybowcowej mija niepostrzeżenie szybko. Następuje powrót do macierzystego aeroklubu ze zdobytymi trzema mewkami w klapie marynarki.

Latanie na szybowcach jest bardzo łatwe. Tak łatwe, że podobno można nauczyć latać nawet niedźwiedzia. U nas nie przeprowadzano co prawda tego rodzaju eksperymentów, lecz niejeden instruktor demonstrował już, że szybowiec może sam wykonywać lot prosty, gdy zdejmie się ręce i nogi ze sterów. Szybowiec potrafi sam poprawnie lecieć, jeśli mu się w tym zbytnio nie przeszkadza. Lecz latać bezbłędnie, z artyzmem — to sztuka, jaką osiągają tylko najlepsi.

Każdy pilot z prawdziwego zdarzenia dąży do tego ideału. Żaden jednak pilot nie może nigdy powiedzieć, że posiadł już w pełni sztukę latania i każdy lot wykonuje bezbłędnie. Pilota, który dziś jest najlepszym wśród kolegów, jutro może prześcignąć inny, pilniejszy. Stare powiedzenie mówi: kto nie idzie naprzód, ten się cofa. Jeśli nie będziesz wciąż ćwiczył swych cech psychicznych, wzmacniał swego zdrowia, poszerzał swych wiadomości teoretycznych oraz chodził na loty treningowe w klubie i obserwował loty innych, szybko znajdziesz się na szarym końcu, zamiast w czołówce szybowników.

Może jednak właśnie Ty będziesz tym, który okaże najwięcej silnej woli, zdobędziesz się na maksimum wytrwałości i wysiłku i w niedługim już czasie zostaniesz rekordzistą.

Czy szkolenie szybowcowe kończy się z chwilą powrotu z szybowiska z trzema mewkami w klapie? Nie. Trzy mewki to dopiero początek Twego latania. Po przyjeździe z szybowiska pierwsze swe kroki kierujesz do aeroklubu i zapisujesz się do sekcji szybowcowej, by chodzić na treningi szybowcowe na lotnisko. Treningi odbywają się prawie codziennie. Jakkolwiek

każdy ma dzień zajęty nauką lub pracą, to jednak jedno popołudnie w tygodniu oraz część niedzieli na pewno będziesz mógł przeznaczyć na latanie. W klubie będziesz zdobywał Srebrną Odznakę Szybowcową. Warunkiem uzyskania jej są trzy konkurencje: lot trwający ponad 5 godz., przelot 50 km i przewyższenie 1000 m. Co to jest przewyższenie? Jest to osiągnięta wysokość ponad miejsce wyczepienia się z wyciągarki czy samolotu, mówiąc zaś ściślej — wysokość samodzielnie osiągnięta przez szybowiec. Wysokość ta musi być potwierdzona przez barograf umieszczony w kadłubie szybowca. W zakres wyszkolenia II klasy wchodzą: technika krążenia, taktyka przelotowa i nawigacja, start z holu za samolotem, akrobacja podstawowa i ślepy pilotaż. Srebrna odznaka zamyka pełne wyszkolenie pilota II klasy i rozpoczyna okres lotów wyczynowych.

Aby zdobyć Złotą Odznakę Szybowcową, trzeba wykonać przelot 300 km oraz uzyskać przewyższenie 3000 m. Najwyższą odznaką szybowcową jest odznaka z trzema diamentami. Diamenty uzyskuje się za: przewyższenie 5000 m, przelot otwarty 500 km i przelot docelowy 300 km. Przelot docelowy jest to przelot, w którym pilot przed startem zapowie miejsce lądowania.

Czy łatwo jest zdobyć odznakę z diamentami? Raczej trudno. Odznakę tę ma niewielu pilotów na świecie, przy czym duża ich część jest w posiadaniu Polaków. Również w ilości zdobytych złotych odznak zajmujemy czołowe miejsce w świecie.

Będąc członkiem aeroklubu — jeśli osiągniesz dobre wyniki w lataniu — będziesz mógł wziąć udział w całorocznych zawodach szybowcowych o memoriał Ryszarda Bitnera i jeśli uzyskasz odpowiednią ilość punktów — masz szanse wzięcia udziału w Szybowcowych Mistrzostwach Polski. Gdy staniesz się najlepszym z naszych pilotów — będziesz reprezentował Polskę na Szybowcowych Mistrzostwach Świata.

HISTORIA SZYBOWNICTWA

W latach sześćdziesiątych zeszłego stulecia dwaj chłopcy, bracia Otto i Gustaw Lilienthal z Anklam na Pomorzu Meklemburskim, sporządzają sobie skrzydła z bukowych deszczułek i nocą

w obawie przed drwinami kolegów zbiegają z pagórka. Siła nośna, choć lekko wyczuwalna, była oczywiście o wiele za mała: Skupują więc wszystkie gęsie pióra w okolicy, naklejają na drewniany szkielet i tworzą skrzydła. Wyniki jednak znów są mizerne.

Nie zraża ich to jednak. Budują różne modele latające. Uparcie wykonują próby i doświadczenia, aż wreszcie wykrywają, że największą siłę nośną daje skrzydło o profilu sklepionym. Siła ta jest wielokrotnie większa niż przy profilu płaskim.

W końcu osiągają wymarzony sukces. W roku 1891 Otto wykonuje pierwszy 15-metrowy lot. Przez następne pięć lat buduje kilkanaście szybowców, na których wykonuje przeszło 2000 lotów ślizgowych. Najdłuższy z nich miał 450 m. Szybowce Lilienthala były jedno-, a później dwupłatowcami, budowanymi z bambusa i płótna. Kształt skrzydeł wzorowany był na skrzydłach nietoperza. Pilot znajdował się w środku ciężkości aparatu. Brał pod pachy listwy kadłuba i startował biegnąc w dół po stoku wzgórza. Podczas lotu utrzymywał równowagę przez wychylanie nóg, czym przesuwał położenie środka ciężkości szybowca. Gdy szybowiec zadzierał, pilot wysuwał nogi do przodu, gdy przechylał się na skrzydło, przesuwał nogi w przeciwną stronę.

Na swym ostatnim szybowcu Otto rozbija się 10 sierpnia 1896 r. Ostatnie jego słowa, gdy umierał następnego dnia w szpitalu, były: „Dla postępu trzeba ponosić ofiary".

Osiągnięte przez Lilienthala wyniki stały się podstawą dla licznych prób lotu szybowców dokonywanych w wielu krajach w latach 1896—1910. Dzięki temu uznany został „ojcem szybownictwa".

Pierwsze udane próby lotów szybowcowych w Polsce zostały dokonane przez artystę malarza Czesława Tańskiego. Podobnie jak bracia Lilienthal swą karierę lotniczą rozpoczyna w dzieciństwie, skacząc z murowanej piwnicy, ze skrzydłami z indyczych piór. W roku 1893, przebywając na wsi, przeprowadza obserwacje budowy skrzydeł owadów oraz lotu ptaków. Buduje w końcu model, który dobrze lata.

Zachęcony tymi wynikami oraz wieścią o lotach Lilienthala, zabiera się do budowy szybowca nazywanego „Lotnią". Kadłub

i szkielet skrzydeł wykonane były z liny i wikliny. Skrzydła — pokryte jedwabną gazą wzmocnioną papierem. Pierwsze próby wzlotów rozpoczął Tański w 1896 r. Starał się on naśladować bociany. Przebiegał po ziemi kilkanaście metrów, podskakiwał i... przy pierwszych próbach podmuch wiatru rozbił szybowiec. Tański był jednak wytrwały i nie zniechęciło go niepowodzenie, wręcz przeciwnie — do dalszych prób zabrał się z jeszcze większą energią. Wkrótce powstała druga, ulepszona wersja „Lotni" z ogonem, oraz trzecia o powiększonych skrzydłach... i Tański znów rozpoczął skoki w terenie płaskim. W najdłuższym z nich przeleciał około 30 m. Sukcesy te skłoniły go do spróbowania skoków ze wzniesienia. Pisze on o tym następująco:

„...Skoki z wysokości robiłem w nadzwyczaj niedogodnych warunkach. Nie mając odpowiedniego wzgórza zrobiłem rusztowanie z wysokich kozłów i ułożonych na nich desek, które latały zawsze jak klawisze. Na to rusztowanie wchodziło się po drabinie z aparatem ponad głową. Moment uchwycenia rozpędu i dobrej pozycji aparatu stanowił całą trudność. Pomost był krótki, niepewny i dlatego parokrotnie uszkodziłem aparat. Chwile skoku i spadania były bardzo krótkie, gdyż wysokość mego rusztowania nie przewyższała 3,5 m. Dalsze doświadczenia pozwoliły już wyraźnie odczuć i wykorzystać siłę podtrzymującą moje wielkie skrzydła. Niektóre skoki były dłuższe, a zatrzymanie spadku wyraźniejsze..."

Później Tański przerywa próby i zajmuje się swą pracą zawodową. Dopiero w latach 1905—1912 wraca do konstruowania maszyn latających, budując śmigłowiec i samolot.

Lata 1902—1914 przynoszą niewielki postęp w szybownictwie w stosunku do osiągnięć Lilienthala. W 1912 r. rekord odległości wynosił 843 m, czas lotu — 11 min. Gdy w 1923 r. pilot francuski Thoret utrzymał się na dwupłatowym samolocie Hanriot — z zatrzymanym silnikiem — przez 7 godzin w prądach wznoszących, uznano to za rzecz niewiarygodną.

Po I wojnie światowej szybownictwo zaczęło się szybko rozwijać w Niemczech i Związku Radzieckim. Na zawodach na niemieckim szybowisku Rhön-Wasserkuppe w 1921 r. padają nowe

rekordy. Harth ustalił „oszołamiający" rekord długotrwałości lotu — 21½ min., przypłacając go kraksą i pobytem w szpitalu. Martens zaś przeleciał 5580 m.

Zachęceni tymi wynikami studenci Politechniki Warszawskiej rzucają myśl urządzenia również w Polsce zawodów szybowcowych. Konkurs Ślizgowców (tak bowiem zwały się wówczas szybowce) odbył się między 28.8. a 13.9.1923 r. na Czarnej Górze w Białce k. Nowego Targu. Miał on pomóc konstruktorom i pilotom w zdobyciu pierwszych doświadczeń oraz dać początek sportowi szybowcowemu w Polsce. W Konkursie wzięło udział 9 szybowców o nazwach: „Akar", „Żabuś", „Pirat", „Polon", „M-1", „Dziaba", „Ikub", „Lublin" i „Lublin II".

Konstrukcją przypominały one raczej samoloty: prawie regułą były duże koła (w jednym z szybowców zamocowano je do dwumetrowej stalowej osi). Tylko trzy spośród nich nie miały kół. Uczestnicy konkursu o jednym z nich tak napisali: „Do „Dziaby" wchodziło się przez dziurę od dołu, wkładało się ramiona (w gipsowe formy), przywiązywało całą tę sztuczkę ważącą 76,5 kg i trzeba było ją nieść, ba nawet biegać z nią, by móc oderwać się od ziemi..."

Najlepszym szybowcem był „Akar" konstrukcji Karpińskiego, studenta Sekcji Lotniczej Politechniki Warszawskiej. Ponieważ większość maszyn po wykonaniu mniej lub więcej udanych startów rozbiła się — szybowiec studentów nie mając groźnych współzawodników uzyskuje najwięcej sekund w powietrzu i osiągając czas 3 min. i wysokość 20 m zdobywa pierwsze miejsce.

Nikłe wyniki Konkursu należy przypisać małemu doświadczeniu w wyborze terenu i w lotach szybowcowych. Tym niemniej znaczenie jego, jako startu naszego szybownictwa, było bardzo duże. Polegało ono na tym, że konstruktorzy zorientowali się, jak ma wyglądać szybowiec, a piloci zobaczyli, jak lata się na szybowcu.

Konkurs wzbudził duże zainteresowanie, tak u władz lotniczych, jak i studentów, a nawet wśród miejscowej ludności. O ostatnim świadczy fakt, że jeden z młodych gazdów chciał kupić „Żabusia" ofiarowując zań 50 milionów marek.

Zainteresowanie szybownictwem w Polsce wciąż wzrasta. Ukazuje się pierwsza polska książka o szybownictwie: P. Tułacz „Lot żaglowy i aparaty żaglowe".

Konstruktorzy przygotowują się na II Konkurs Szybowców, który urządza w 1925 r. Związek Lotników Polskich z Poznania. Jako teren zawodów wybrano wzgórza na Oksywiu koło Gdyni. Na konkurs zgłoszono 22 szybowce, przybyło tylko 15 — reszta nie została na czas ukończona. Były to już maszyny „podobne do szybowców". Do ciekawych i udanych konstrukcji należy zaliczyć „Bydgoszczankę" — braci Działowskich, „Misia" — Bohatyrewa, „Bimbusia" — Jacha, „Czarnego kota" — Drzewieckiego, „Orkana" — Grzmilasa, „Spiesz się powoli" — lotników z Pucka, i „S-1" — 3 pułku lotniczego. Niewłaściwie wybrany teren oraz brak treningu szybowcowego spowodowały, iż wyniki konkursu były słabe. Najlepszy czas lotu — 65 sek, maksymalna wysokość — 23 m, największa odległość przelotu — 560 m.

Niepowodzenia te wywołały rozczarowanie. Uznano, że w Polsce „brak jest terenów szybowcowych" oraz że polskie konstrukcje szybowcowe są nieudane.

Jednakże entuzjaści z Lwowskiego Związku Awiatycznego studentów oraz Warszawskiego Koła Lotniczego „Start" nie zrazili się tymi niepowodzeniami i z zapałem budują szybowce.

Rok 1928 stał się początkiem nowej ery polskiego szybownictwa. Na jesieni tego roku grupa lwowskich studentów pod kierownictwem inż. Szczepana Grzeszczyka wynajduje treny szybowcowe na Podkarpaciu. Podczas pierwszej wyprawy szybowcowej na Łysą Górę koło Złoczowa — 26.5.1928 — Szczepan Grzeszczyk na szybowcu W. Czerwińskiego „CW-1" wykonuje pierwszy lot żaglowy w Polsce. Utrzymuje się w powietrzu przez 4 min. 13 sek. ustanawiając nowy rekord Polski. Lot ten pokazał, że w Polsce istnieją tereny nadające się do celów szybowcowych.

W 1929 r. podczas szkoleniowej wyprawy trwającej od 23.10 do 4.11.1929 r. ta sama grupa odkrywa Bezmiechową. Podczas tej wyprawy Grzeszczyk znów bije rekord długotrwałości lotu, unosząc się na szybowcu „CW-II" 2 godz. 11 min. Możliwość rozwoju szybownictwa w Polsce została udowodniona.

Bezmiechowa staje się kolebką naszego szybownictwa. Na wiosnę 1930 r. po raz pierwszy w Polsce przeprowadzono tam szkolenie szybowcowe do kategorii A, B i C. Podczas tej wyprawy rozpoczęły szkolenie dwie polskie szybowniczki: Danuta Sikorzanka i Wanda Olszewska. Szkolenie rozpoczęte wiosną zakończono na jesieni — podczas czwartej wyprawy szybowcowej. Pierwszym polskim pilotem szybowcowym kategorii A był Bolesław Łopatniuk, drugim Piotr Mynarski. Jednym z sukcesów tej wyprawy było osiągnięcie rekordowej wysokości 420 m nad poziom startu.

Grzeszczyk wraz z Łopatniukiem rozbudowuje wyczynową szkołę szybowcową w Bezmiechowej, tworząc z niej „akademię szybowcową". W pobliżu, również na skraju Bieszczad, powstaje wojskowe szybowisko żaglowe Ustianowa. Koło Lotnicze „Start" zakłada szybowisko w Polichnie, a następnie szkołę żaglową w Pinczowie. Leopold Kwiatkowski tworzy szybowisko wyczynowe w Tęgoborzu na Podhalu, Mikulski zaś — Sokolą Górę. Sieć szkół i przedszkoli szybowcowych szybko rośnie. Ilość ich wynosi w 1939 r. aż 60.

Aby pomóc konstruktorom, powstaje we Lwowie Instytut Techniki Szybownictwa i Motoszybownictwa (ITSM), który zajmuje się badaniami naukowymi oraz budową prototypów szybowców i motoszybowców (np. motoszybowiec ITS-8).

W roku 1932 polska ekipa bierze udział w międzynarodowych zawodach szybowcowych w Rhön, gdzie zajmuje drugie miejsce. W 1933 r. polscy harcerze demonstrują szybownictwo na międzynarodowym zlocie skautowym (tzw. Jamborèe) na Węgrzech.

Od 1935 r. odbywają się corocznie Krajowe Zawody Szybowcowe. Rok 1935 jest rokiem uzyskania przez nasze szybownictwo poziomu światowego. Na III Krajowych Zawodach Szybowcowych w Ustianowej pada szereg rekordów, w tym dwa kobiece bije Maria Younga. W roku tym polscy piloci zdobywają pierwsze srebrne odznaki szybowcowe. Od tego czasu polskie szybownictwo wysuwa się na jedno z czołowych miejsc w świecie.

W 1937 r. Wanda Modlibowska ustanawia na „Komarze" międzynarodowy kobiecy rekord długotrwałości lotu — 24 godz. 14 min., bijąc równocześnie poprzedni rekord polski (20 godz.

13 min.) należący do Ryszarda Dyrgały. W tymże roku K. Antoniak ustala nowy rekord wysokości — 3435 m.

W roku 1937 znów występujemy na Międzynarodowych Zawodach Szybowcowych w Rhön. Zbigniew Żabski uzyskuje największe przewyższenie (3259 m) i zajmuje trzecie miejsce w zawodach. Piotr Mynarski na „PWS-101" osiąga najlepszy wynik w przelocie otwartym (351 km), zajmując czwarte miejsce, Bolesław Baranowski zaś jest zwycięzcą w jednej z konkurencji przelotowych.

W 1938 r. Michał Offierski ustala dwa międzynarodowe rekordy na szybowcu „Bąk": wysokość — 4595 m oraz długotrwałość — 5 godz. 24 min. Na motoszybowcu tego typu Tadeusz Derengowski dokonuje przelotu Warszawa — Tallin — Warszawa — Rzym o długości 2500 km.

Tadeusz Góra w roku 1938 dokonuje na szybowcu PWS-101 przelotu Bezmiechowa—Wilno (578,9 km). Za przelot ten, uznany za najwybitniejszy wyczyn szybowcowy roku, otrzymał on od FAI Medal Lilienthala.

Na jakich szybowcach latali nasi piloci przed wojną? Na szybowcach budowanych przez trzech konstruktorów: Wacława Czerwińskiego we Lwowie oraz Szczepana Grzeszczyka i Antoniego Kocjana w Warszawie. Czerwiński i Grzeszczyk to zapaleni „szybowiciele" z okresu odkrywania Bezmiechowej. Kocjan zaś to inżynier elektryk, którego tak porwało szybownictwo, że przerzucił się na konstruowanie szybowców. Jego szkolna „Wrona" wyparła z szybowisk Czerwińskiego „CWJ" z 1931 r. Szybowcem szkolno-przejściowym, dość popularnym, była „Czajka" Kocjana. W 1937 r. zaczyna jej miejsce zajmować „Salamandra" Czerwińskiego. Podstawową maszyną używaną w aeroklubach i szkołach żaglowych do treningu, a niejednokrotnie wyczynu — był Kocjanowski „Komar" zbudowany w 1933 r.

„Komary" zawojowały na długie lata nie tylko Polskę, lecz budowane były z licencji podobnie jak „Wrony", również za granicą: w Estonii, Finlandii, Bułgarii i Palestynie. Jugosłowiański „Komar" zajął drugie miejsce w 1935 r. na zawodach szybowcowych w Szwajcarii, nie licząc zwycięstw w zawodach krajowych w Jugosławii. Do jego zalet należy prawidłowy pilo-

taż, niskie koszty budowy, mały ciężar oraz zdolność utrzymywania się w powietrzu przy dość słabych (tzw. komarzych) warunkach meteorologicznych. Bardzo dobrym szybowcem treningowym był „Delfin" Czerwińskiego skonstruowany w 1938 r. Jeden jego egzemplarz, który w czasie wojny zawędrował do Danii, do niedawna służył tam do treningu. Pierwszymi naszymi szybowcami wyczynowymi były „SG-21", „SG-28" i „SG-3" Grzeszczyka. „Esgegi", w szczególności „SG-3", w różnych wersjach (najlepsza „SG-3" bis 36) służyły naszemu szybownictwu przez szereg lat. Równocześnie używane były „CW-5" (również w wielu wersjach, np. „CW-5" bis 35).

W roku 1937 pojawiają się nowe szybowce wyczynowe — Kocjana „Orlik" i Czerwińskiego PWS-101, obydwa bardzo dobre. Rok 1939 przynosi znów dwie wyczynówki „Orlik II" i PWS-102 „Rekin". „Orlik II" — Olimpijski, budowany był na Konkurs Szybowców w Mediolanie w 1939 r., gdzie miano wybrać szybowiec, który miał stać się standartowym typem używanym przez zawodników na Olimpiadzie w 1940 r. Do konkursu stanęło 5 szybowców: dwa niemieckie, dwa włoskie i jeden polski. W ostatecznej rozgrywce wzięły udział dwa szybowce: niemiecki „Meise-Olimpia" i „Orlik". Z powodu... „sojuszu" włosko-niemieckiego „Orlik" znalazł się na drugim miejscu. Po konkursie „Orlik" pojechał na wystawę do USA, gdzie zastał go wybuch wojny. Przez szereg lat służył do szkolenia pilotów wojskowych. Po wojnie znany rekordzista amerykański Paul Mac Cready uzyskał na nim rekord światowy wysokości absolutnej: wznosząc się na 9600 m (31.12.1948 r.).

Wśród przedwojennych konstrukcji do ważniejszych należał akrobacyjny „Sokół" — Kocjana, motoszybowiec „Bąk" też Kocjana oraz dwumiejscowy szybowiec wyczynowy „Mewa" — Grzeszczyka i Kocjana. „Mewa" była bardzo udaną maszyną. Wyniki naszego szybownictwa zdobyły nam popularność za granicą. To zaś pociągało za sobą: eksport szybowców, zakupy licencji na polskie szybowce oraz przyjazdy kandydatów z zagranicy na szkolenie szybowcowe do Polski.

W Bezmiechowej niejednokrotnie można było usłyszeć obcojęzyczną mowę szkolonych pilotów. Zaś w 1937 r. na prośbę

Polonii Amerykańskiej wyjechali do USA polscy harcerze z naszymi szybowcami, by założyć tam szybowisko. Z szybowców naszych prócz „Wron" i „Komarów" znalazły za granicą popularność „Salamandry" i „Delfiny".

Jakie zmiany zaszły w szybownictwie w latach trzydziestych i czym się ono różniło od dzisiejszego szybownictwa? Gdy poczyniono pierwsze próby lotów szybowcowych, potrafiono wykorzystać jedynie prądy zboczowe. Dlatego też szybownictwo związało się w pierwszych latach z terenami górskimi. W tym wypadku dość wygodny był start szybowca z gumy oraz słuszne było dążenie do lądowania pod stok, by transport na szczyt był jak najkrótszy. Zarówno szkolenie do kategorii A i B, jak i żaglowanie do kategorii C czy na wyczyn odbywało się na szybowiskach górskich. Pierwsze próby startu z wyciągarki wykonano w Polsce w 1937 r. w Starej Miłosnej pod Warszawą. Pierwszy lot za holem — trochę wcześniej — w 1931 r. Loty wyczynowe wykonywano wykorzystując prądy zboczowe, bądź też na czole burzy (przeloty). Pierwsze u nas loty termiczne przypadają na rok 1935. Dopiero w ostatnich latach przed wojną rozwija się w Polsce meteorologia szybowcowa i wzrasta znajomość prądów wznoszących. Krokiem naprzód była książka „Meteorologia szybowcowa i spadochronowa" — Rafałowskiego. Ciekawą i cenną pracą okazała się mapa obszarów termicznych i atermicznych Polski — Kochańskiego. Sumę doświadczeń z techniki lotów szybowcowych zawarły dwa cenne podręczniki: Dyrygałły „Pilot szybowcowy" oraz Iliaszewicza i Humena „Zasady szkolenia szybowcowego".

Wybuch wojny w 1939 r. zastał szybownictwo światowe przy następujących wynikach: 749 km — Olga Klepikowa (ZSRR), 50 godz. 20 min. — Bödecker i Zander (Niemcy), 3836 m — Robert Ziller (Niemcy).

Nasze szybownictwo, prócz utraty szybowców i zniszczenia szybowisk, straciło podczas wojny wielu pilotów i konstruktorów, m. in. Antoniego Kocjana, który został zamordowany w Oświęcimiu.

Z szybowców przedwojennych uratowała się ukryta w stodole pod sianem „Salamandra" oraz w podobny sposób przechowany

„Orlik" i „Żaba". Plany „Komara", „Delfina" i „Mewy" otrzymaliśmy z Jugosławii. Po Niemcach zostało około czterystu szybowców, przeważnie szkolnych SG-38 i treningowych „Grunau-Baby II" („Jeżyk") oraz kilkadziesiąt wyczynowych „Ważek", „Olimpii" i „Żurawi".

W maju 1945 r. rozpoczynają się loty szybowcowe na Żarze i w Fordonie. Szybko ożywają aerokluby. W listopadzie 1945 r. wszyscy szybownicy zjeżdżają się do Jeżowa koło Jeleniej Góry na „sejm szybowników" i nakreślają program działania. W styczniu 1946 r. powstaje w Bielsku Instytut Szybownictwa (IS) grupujący konstruktorów szybowcowych i pedagogów: prof. Humena, inż. inż. Weigla, Nowakowskiego, Niespała, Matza, Zatwardnickiego, Kotowskiego, Kaniewską, Kostię, Wasilewskiego i Sandauera. W rok później powstaje tam szybowiec wyczynowy IS-1 „Sęp", na którym Adam Zientek zwycięża w konkurencji prędkościowej na Międzynarodowych Zawodach Szybowcowych w Samedan w Szwajcarii, oraz pierwsza seria zrekonstruowanej „Salamandry". W 1948 r. wykonuje pierwszy lot szkolny IS-3 „ABC" oraz treningowa IS-2 „Mucha". Stają się one naszym podstawowym sprzętem szybowcowym wraz z „Salamandrami" i „Komarami". „Muchy" przynoszą nam pierwszą serię lotów wyczynowych i rekordów międzynarodowych. W 1949 r. pojawia się IS-4 „Jastrząb" — szybowiec akrobacyjny. W IS powstają równocześnie konstrukcje doświadczalne „Kaczka", bezogonowiec „Nietoperz" i laminarna „Osa". Rok 1951 przynosi nam wyczynową „Jaskółkę", następny rok dwumiejscowego „Bociana", 1953 zaś „Muchę-100" i „Czaplę". Następnie powstają konstrukcje doświadczalne „Jaskółka M" — z motylkowym usterzeniem oraz długoskrzydły „Albatros". Ulepszony „Bocian-Z" oraz laminarna „Jaskółka L" powstają w 1956 r., zaś w 1957 r. szkolna „Czajka". W 1958 roku odbyła swe pierwsze loty „Mucha Standard". Szybowce: „ABC", „Salamandra", „Mucha 100", „Jaskółka" i „Bocian", eksportujemy do szeregu państw, m. in. do Chin, NRD, Belgii. W Chinach budujemy wytwórnię szybowców oraz organizujemy szkoły szybowcowe.

W latach powojennych przechodzimy na system startu z wyciągarki, hol za samolotem i pełne wykorzystanie termicznych

prądów wznoszących. To pozwala nam na „oderwanie się" od terenów górzystych i opanowanie techniki długich przelotów. Po krótkim okresie (w latach 1947—1950) lotów wysokościowych w cumulonimbusach zwracamy szczególną uwagę na loty falowe. Pierwsze loty na fali wykonywali Niemcy już w latach trzydziestych w Jeleniej Górze. Lecz rzeczywiste ich opanowanie przypada na ostatnie dziesięciolecie. W 1947 r. Adam Zientek wykonał lot na fali, w którym rozsypał się „Orlik". W następnym roku Tadeusz Góra wykonuje pierwszy na świecie nocny lot na fali. W tymże roku odbywa się pierwszy obóz falowy w Jeleniej Górze. Podczas obozu falowego w 1950 r. nasi piloci uzyskują 9 złotych odznak, 12 warunków do złotej odznaki, 8 diamentów, 7 rekordów krajowych, 2 międzynarodowe. Jednym z tych rekordów jest międzynarodowy rekord przewyższenia na szybowcu dwumiejscowym (8162 m), ustanowiony przez A. Brzuskę i Wł. Parczewskiego. Coroczne obozy falowe wciąż przynoszą nam nowe sukcesy i doświadczenia.

Wykorzystując termikę wiatrową wykonujemy szereg długich przelotów. Głośny był w 1957 r. 600-kilometrowy przelot całej grupy szybowników warszawskich. Prócz licznych rekordów krajowych ustalamy dwukrotnie międzynarodowy rekord przelotu docelowego na szybowcach dwumiejscowych (511 i 541 km). Naszą narodową specjalnością stają się rekordy prędkości po trasie trójkątnej. Rekord międzynarodowy Jerzego Wojnara na trójkącie 100 km wynosił 94,7 km/h. Spośród szybowników znane są nazwiska: Kempówny, Szemplińskiej, Czmielówny, Majewskiej, Makuli, Bitnera, Zydorczaka i wielu innych doskonałych pilotów szybowcowych.

W roku 1948 odbyły się na Żarze pierwsze po wojnie VIII Krajowe Zawody Szybowcowe, które od tego czasu rozgrywane są co roku. W zawodach tych wzięła udział ekipa czechosłowacka. W 1949 r. w I Zawodach Szybowcowych Państw Demokracji Ludowej na Żarze — z udziałem ekip Bułgarii, Czechosłowacji i Węgier — pierwsze miejsca zajęli Kempówna i Zientek. W 1954 r. w Lesznie rozegrano Międzynarodowe Zawody Szybowcowe, w których brali udział piloci Anglii, Czechosłowacji, Francji, Węgier, ZSRR, Rumunii i Bułgarii oraz Polski. Zwy-

cięstwo w zawodach odnosi ekipa polska. Od 1955 r. zamiast Zawodów Krajowych odbywają się u nas Szybowcowe Mistrzostwa Polski.

W 1956 r. w Szybowcowych Mistrzostwach Świata w Saint Yan we Francji Marian Gorzelak zajmuje trzecie miejsce. Zwycięzcą został Amerykanin Mac Cready. W 1958 r. w VII Szybowcowych Mistrzostwach Świata w Lesznie Polak Adam Witek zdobywa tytuł mistrza świata w klasie standard, natomiast w klasie otwartej pierwszy jest Niemiec Haase.

W Mistrzostwach Świata w latach 1948—1955 Polacy nie startowali. Odbywały się one: w 1948 r. — w Samedan (Szwajcaria), w 1950 r. — w Oerebro (Szwecja), w 1952 r. — w Madrycie (Hiszpania), w 1954 r. — w Camphill (Anglia).

Na wniosek Polski w roku 1950 została ustalona diamentowa odznaka szybowcowa. Do stycznia 1958 r. na 86 odznak diamentowych na świecie 33 zdobyła Polska, 30 — Francja, 11 — USA, 3 — Czechosłowacja, po 2 — Szwajcaria, Argentyna i NRF, po 1 — Jugosławia, Anglia i Holandia.

Rzućmy jeszcze okiem na obecny poziom rekordów światowych: długotrwałość lotu — 56 godz. 15 min. — Atger (Francja), 1952 r., odległość — 861 km — Johnson (USA) 1952 r., wysokość — 13 489 m — Edgar i Klieforth (USA) 1952 r.

ORGANIZACJA SZYBOWNICTWA

Całym sportem lotniczym w Polsce kieruje Aeroklub Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej zrzeszający wszystkie aerokluby regionalne. Aeroklub PRL jest członkiem Międzynarodowego Związku Lotniczego (Federation Aéronautique Internationale, skrót FAI). Szkolenie w pilotażu szybowcowym prowadzą szkoły szybowcowe podległe bezpośrednio Aeroklubowi PRL, jednak skierowanie do szkół szybowcowych oraz na badania lotniczo-lekarskie wydają aerokluby regionalne. Szkolenie początkowe może być prowadzone również w aeroklubach regionalnych, jednak ze względu na dużą ilość pilotów już wyszkolonych aerokluby zajmują się przede wszystkim treningiem i wyczynem. Dla pilotów szybowcowych z III klasą wyszkolenia dostępne są szkoły żaglowe

w górach. Tam również piloci wyższych klas, a więc z II i I klasą, uzyskują diamenty do złotych odznak szybowcowych. Na terenach nizinnych czynne są wyczynowe szkoły szybowcowe specjalizujące się w wykonywaniu długich przelotów szybowcowych, nierzadko przekraczających granice państwa.

Wszystkie loty szybowcowe mają charakter sportowy i są bezpłatne. W szkole szybowcowej lub w aeroklubie nie nabywa się „fachu lotnika", czyli zawodu. Natomiast przez szybownictwo prowadzą pośrednie drogi do wszystkich dziedzin lotnictwa sportowego i zawodowego. Ruch lotniczy w powietrzu i na ziemi, jak również wszelkie przepisy lotnicze mające na celu zapewnienie bezpieczeństwa personelu i sprzętu lotniczego zawarte są w ustawie o prawie lotniczym i w specjalnych rozporządzeniach. Nad przestrzeganiem postanowień wynikających z prawa lotniczego sprawuje nadzór Ministerstwo Komunikacji, którego organem jest Departament Lotnictwa Cywilnego (skrót DLC). Na każdym lotnisku znajduje się przedstawiciel DLC — jest nim zawiadowca lotniska. Kontrolę państwową nad sprzętem lotniczym sprawuje organ DLC zwany Kontrolą Cywilnych Statków Powietrznych (skrót KCSP), który dokonuje w ustalonych terminach szczegółowych oględzin wszystkiego, co lata i służy lataniu, a więc nie tylko szybowców, ale również wyciągarek, ściągarek, spadochronów itp.

Literatura pomocnicza:

E. Banaszczyk — „Na podbój nieba".
Kalendarz Lotniczy na rok 1957 i 1958.
A. Zientek — „Wielka Przygoda".
M. Kann — „Pilot gotów".
A. Dąbkowski — „Bractwo potrójnej mewy".
APRL — „Przepisy wykonywania lotów".

ROZDZIAŁ II

ZASADY LOTU

AERODYNAMIKA I MECHANIKA LOTU

A. OPÓR I SIŁA NOŚNA

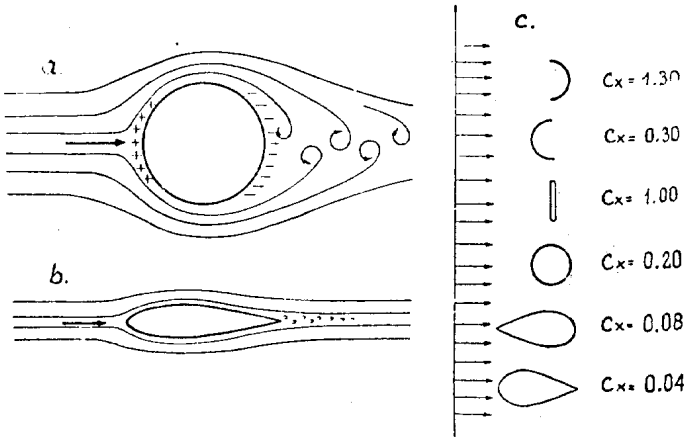
Z aerodynamiki, czyli nauki o siłach wywieranych na poruszające się w powietrzu ciała najważniejsza jest dla nas wiedza o oporze i sile nośnej.

Z oporem spotykamy się wszędzie. Wiosłując pokonujemy opór łodzi w wodzie, ziemia stawia opór lemieszowi orzącego pługa, ścierając rysunek gumą odczuwamy opór tarcia o papier. Powietrze także stawia opór, spróbujmy tylko iść szybko pod wiatr. Skąd się jednak bierze opór?

Weźmy jakiekolwiek ciało poruszające się w powietrzu, np. kulę przedstawioną na rys. 11a. Cząsteczki powietrza zderzają się z ciałem i napierają nań od przodu. Ciśnienie powietrza wyraźnie można odczuć na twarzy jadąc motocyklem. Co zaś się dzieje z tyłu ciała? Jeśli kształty ciała nie zwężają się łagodnie ku tyłowi, to rozpędzone cząsteczki powietrza odrywają się od ciała tworząc wir. Powietrze wirujące ma nieduże ciśnienie, następuje więc ssanie. Jeśli z przodu powietrze ciśnie na ciało, z tyłu zaś ssie, to wynikiem różnicy ciśnień musi być pewna siła: nazywamy ją oporem. Warto zwrócić uwagę na to, że im więcej powstaje zawirowań za ciałem — tym większy jest opór.

Z powyższego opisu wynika ważny wniosek. Jeśli ciało będzie miało specjalny kształt, który w niewielkim stopniu hamuje

cząsteczki i delikatnie rozdziela strugi powietrza, z tyłu zaś pozwala na złączenie się strug bez dużych zawirowań — to powstanie mała różnica ciśnień, a więc i opór takiego ciała będzie mały. Tak „wynaleźliśmy" ciało o kształcie opływowym



Rys. 11a, b, c. Opór aerodynamiczny

(rys. 11b). Na rys. 11c widzimy ciała o jednakowym przekroju poprzecznym, lecz o różnych kształtach: liczby charakteryzują wielkość oporu stawianego przez te ciała. Można wykonać modele tych ciał z drewna i przeprowadzić próby w strumieniu wody, posypując powierzchnię wody pyłem, np. z próchna, w celu uwidocznienia wirów. Jeśli ciała te będziemy przywiązywać do cienkiej gumki — to, obserwując rozciąganie się gumki, możemy sami sprawdzić, które z nich stawiają duży opór, a które mały.

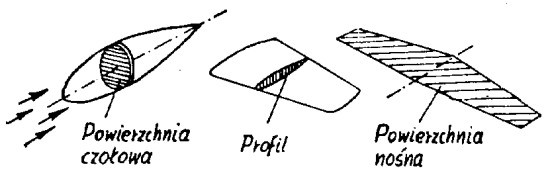
Jeżeli jakieś ciało ustawimy kolejno w kilku różnych położeniach względem kierunku ruchu (przodem, skośnie, w poprzek, tyłem itp.) — to przekonamy się, że za każdym razem ciało to będzie miało inny opór. Widzimy więc, że prócz kształtu ważny jest kąt położenia ciała względem kierunku ruchu.

Poznane już różnice ciśnień przed i za poruszającym się ciałem nie są jedyną przyczyną powstawania oporu. Drugą — jest tarcie. Tarcie zaś wiąże się z lepkością. A czy powietrze jest lepkie? Otóż tak. Oczywiście tysiąckroć mniej niż miód i wielo-

krotnie mniej niż woda. Lecz wystarczy dwie szklane szybki położyć na sobie by stwierdzić, że powietrze zlepiło je (spróbujmy również szybko podnieść płytę gramofonową ze stołu).

Nas interesuje jednak skrzydło szybowca, poruszające się w powietrzu. Ponieważ cząsteczki powietrza przylepiają się, skrzydło pociągnie je za sobą, jak palec zanurzony w miodzie pociąga za sobą miód. Przylepiając się, cząsteczki hamują ruch skrzydła, czyli wywołują opór tarcia.

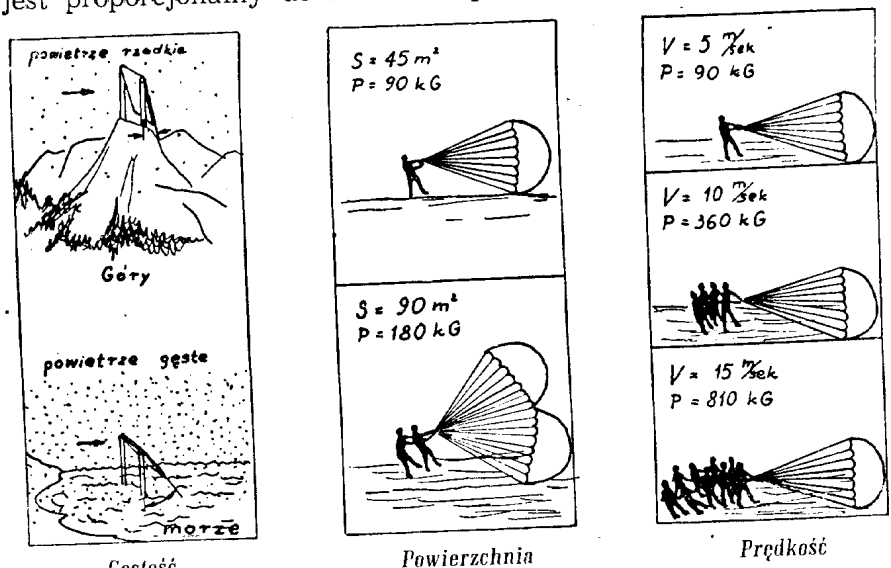
Czy opór zależy od gęstości ośrodka, w którym ciało się porusza? To, że miód będzie stawiał duży opór, woda mniejszy, a powietrze jeszcze mniejszy — każdy się domyśla. Lecz czy powietrze stawia zawsze taki sam opór? Czy zawsze i wszędzie jest takie samo gęste? Otóż nie. Wiemy, że im wyżej, tym powietrze jest rzadsze. Np. na wysokości 7000 m jest dwa razy rzadsze niż na poziomie morza. Warto zapamiętać, gdyż przyda się to nam w różnych obliczeniach, że gęstość powietrza na poziomie morza w temperaturze 15° C wynosi 1/8 $kG \cdot sek^2/m^4$. A jaki jest wpływ gęstości powietrza na opór? Jeśli powietrze będzie rzadsze, to jest w nim mniej cząsteczek. Gdy ciało napotyka w swym ruchu mniej cząsteczek, to cząsteczki te wywołują oczywiście mniejszy opór.



Rys. 11d. Powierzchnia czołowa, profil i powierzchnia nośna

Zobaczmy, jak na opór wpływa wielkość powierzchni ciała? Po pierwsze — jakiej powierzchni? Przy mierzeniu oporu ciał mierzymy powierzchnie przekroju poprzecznego ciała względem kierunku ruchu (rys. 11d). Wyjątek stanowią jedynie skrzydła i usterzenia, gdzie mierzymy powierzchnię nośną, czyli powierzchnię widoku z góry. Im powierzchnia będzie większa, tym więcej cząsteczek powietrza zderzy się z ciałem. Czyli opór jest wprost proporcjonalny do powierzchni ciała.

Trochę inna jest zależność oporu od prędkości. Przy wzroście prędkości zwiększa się nie tylko ilość cząsteczek powietrza uderzających w ciało, lecz i siła tych uderzeń. Jeśli prędkość wzrośnie dwukrotnie, to ilość uderzających cząsteczek też wzrośnie dwukrotnie, siła uderzenia każdej cząsteczki będzie dwukrotnie większa, czyli opór wzrośnie czterokrotnie. Stąd wniosek: opór jest proporcjonalny do kwadratu prędkości ruchu (rys. 12).



Rys. 12. Od czego zależy opór?

Wpływ wielkości powierzchni i prędkości na opór możemy jak uprzednio zbadać doświadczalnie w strumieniu wody za pomocą np. krążków z blachy i gumki.

Możemy podsumować nasze rozważania. Opór ciała zależy od:

1. kształtu ciała, gładkości jego powierzchni i ustawienia go względem kierunku ruchu;
2. gęstości powietrza;
3. wielkości powierzchni ciała;
4. kwadratu prędkości ruchu.

Spróbujmy zebrać te wiadomości we wzór. Jeśli oznaczymy:

P_x — opór w kG;

ϱ — gęstość powietrza w kG sek²/m⁴ (ϱ — czytaj „ro");

v — prędkość w m/sek;

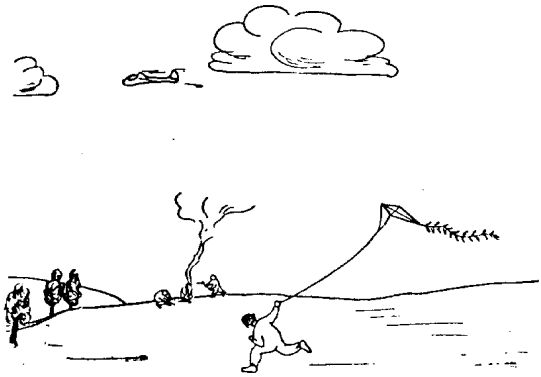
S — powierzchnia w m^2;

C_x — współczynnik oporu charakteryzujący kształt ciała i kąt natarcia (jest to liczba określająca zdolność ciała do stawiania oporu)

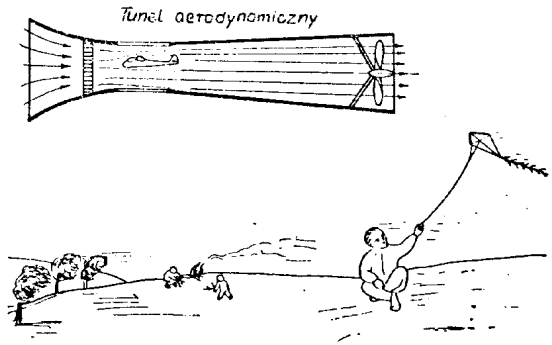
to możemy napisać:

$$P_x = \frac{\rho v^2}{2} S C_x$$

Powierzchnię łatwo jest zmierzyć, prędkość lotu też nie tak trudno, gęstość powietrza wynosi 1/8. Lecz skąd bierzemy współczynnik oporu? Popatrzmy najpierw na rys. 13 i 14. Prawda, że



Rys. 13. Ruch szybowca lub latawca względem nieruchomego powietrza

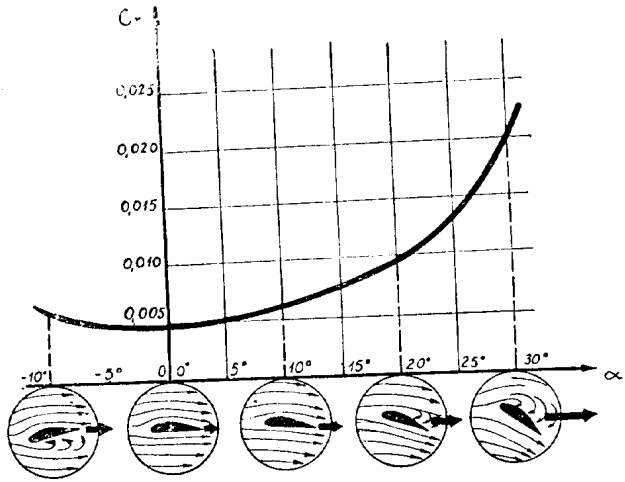


Rys. 14. Ruch powietrza względem nieruchomego szybowca lub latawca

wszystko jedno, czy powietrze nie porusza się, a chłopiec biegnie z latawcem, czy też powietrze porusza się, a chłopiec siedzi. Ważne jest tylko to, aby powietrze poruszało się względem latawca. Tak samo wszystko jedno, czy powietrze porusza się względem samolotu, czy samolot względem powietrza. Na tej zasadzie zbudowany jest tunel aerodynamiczny, w którym możemy umieścić każdy przedmiot i zmierzyć jego opór. Jeżeli zmierzyliśmy opór np. okrągłego pręta, to rzućmy okiem na nasz wzór. Znamy wszystko prócz C_x. Jeśli podstawimy do wzoru pozostałe liczby, to możemy obliczyć współczynnik oporu C_x.

Możliwość dokonania obliczenia współczynnika oporu ma doniosłe znaczenie dla lotnictwa. Wystarczy raz zrobić pomiar C_x dla danego ciała, np. pręta, aby następnie bez kosztownych pomiarów szybko obliczyć opór wszystkich ciał o podobnych kształtach, np. zastrzałów, goleni podwozia, mnożąc jedynie współczynnik C_x przez S, ϱ i $v^2/2$. Sposób ten pozwala na stosowanie obliczeń w aerodynamice i zwalnia nas od badania wszystkiego tylko drogą pomiarów w tunelu. Współczynnik oporu C_x został zmierzony dla najrozmaitszych kształtów ciał.

Uważny czytelnik zwróci tu uwagę, że opór zależy jeszcze i to dość poważnie od kąta położenia ciała względem kierunku

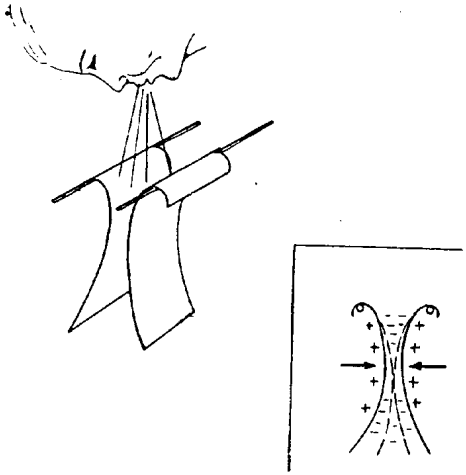


Rys. 15. Zależność współczynnika oporu od kąta natarcia

ruchu, zwanego w lotnictwie kątem natarcia. Zazwyczaj wykonujemy w tunelu pomiary oporu ciała przy różnych kątach natarcia. Na rys. 15 widzimy zależność C_x od kąta natarcia α (alfa) dla profilu skrzydła.

Opór utrudnia lot i dlatego staramy się zawsze go zmniejszyć. Siłą, która umożliwia latanie, jest siła nośna. Opór działa w kierunku przeciwnym do kierunku ruchu, siła nośna zaś działa prostopadle do kierunku ruchu.

A jak powstaje siła nośna? Aby wytłumaczyć to zjawisko, należy dokonać paru obserwacji. Gdzie rzeka płynie szybciej: tam gdzie jest szeroko rozlana, czy tam gdzie jest wąska? Łatwo można zauważyć, że im koryto rzeki jest węższe, tym prąd bardziej rwący. Jest to tak zwana zasada ciągłości, którą zapamiętamy w następującej formie: „gdy przekrój maleje, to prędkość wzrasta".



Rys. 16. Demonstracja równania Bernoulli'ego

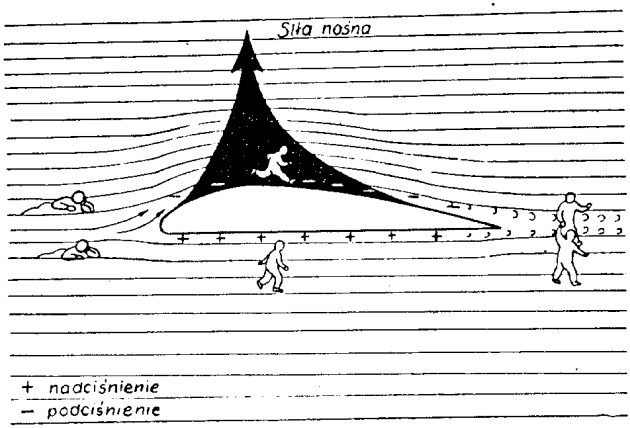
Zróbmy teraz następujące doświadczenie. Weźmy dwie pocztówki, które po wygięciu jak na rys. 16 zawieśmy na dwóch drutach. Co się stanie, gdy dmuchniemy między nie? Czy oddalą się od siebie? Ku naszemu zdumieniu — zbliżą się. Dlaczego?

Zastanówmy się nad tym. Co się działo z powietrzem podczas doświadczenia? Dmuchając nadaliśmy powietrzu pewną pręd-

kość, czyli energię. Gdy wpada ono w zwężenie między pocztówkami, to zgodnie z zasadą ciągłości prędkość jego jeszcze wzrośnie. Lecz w przyrodzie nic się nie dzieje za darmo. Energia ruchu mogła się zwiększyć tylko kosztem zmniejszenia innej energii, którą powietrze posiadało. Stało się to kosztem energii ciśnienia, czyli ciśnienie powietrza musiało zmaleć. Ciśnienie między pocztówkami zmalało przez chwilę, więc ciśnienie powietrza otaczającego z zewnątrz pocztówki docisnęło je do siebie.

Doświadczeniem naszym odkryliśmy zasadnicze prawo aerodynamiki, które nosi nazwę prawa Bernoulli'ego. Zapamiętajmy, że „gdy prędkość wzrasta, to ciśnienie maleje i odwrotnie".

Znając zasadę ciągłości i prawo Bernoulli'ego możemy wyjaśnić, jak powstaje siła nośna na skrzydle. Popatrzmy na rys. 17. Cząsteczki powietrza, ustępując swe miejsce skrzydłu, opływają

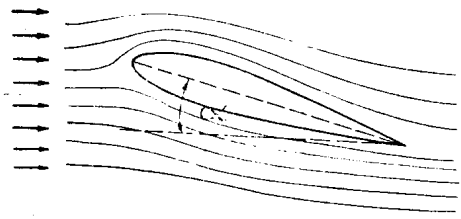


Rys. 17. Powstawanie siły nośnej

skrzydło z góry i z dołu. Cząsteczki, które znalazły się pod skrzydłem, biegną po prawie prostej drodze. Te zaś, które znalazły się na górze skrzydła, muszą przebyć znacznie dłuższą drogę, gdyż jest ono u góry wypukłe, i muszą to uczynić w tym samym czasie, co te z dołu. Nie mogą się spóźnić na spotkanie na krawędzi spływu, w przeciwnym bowiem razie powstałaby próżnia, a przyroda próżni nie lubi. Jeśli cząsteczki muszą przebyć dłuższą drogę w tym samym czasie, to muszą to uczynić

z większą prędkością. Jest to bardzo ważny fakt. Możemy go też wytłumaczyć inaczej. Jeśli przyjrzeć się rysunkowi, to widać, że powietrze przepływające nad skrzydłem wpada jak by w zwężenie na rzece, więc jego prędkość musi wzrosnąć. Jak już wiemy z prawa Bernoulli'ego, wzrost prędkości spowoduje spadek ciśnienia. Nad skrzydłem powstanie podciśnienie, pod skrzydłem będzie ciśnienie większe. Różnica tych ciśnień wywołuje siłę, którą nazywamy siłą nośną. A jak będzie z siłą nośną na profilu symetrycznym? Przy zerowym kącie natarcia nie będzie jej. Lecz przy ustawieniu skrzydła pod kątem większym od zera już się pojawi, gdyż, jak widać na rys. 18, drogi powietrza nad i pod profilem nie będą równe.

Opisane zjawisko nie zawsze jednak występuje. Siła nośna powstaje na profilu tylko przy kątach natarcia do około 20°. Gdy kąt natarcia jest większy, strugi powietrza odrywają się od skrzydła i siła nośna gwałtownie maleje (szybowiec traci nośność). Zawirowania zmieniają wtedy opływ profilu i podciśnienie nad skrzydłem gwałtownie maleje. Równocześnie silnie wzrasta opór.



Rys. 18. Profil symetryczny przy dodatnim kącie natarcia

Siła nośna tym się różni zasadniczo od innych sił podtrzymujących ciała, np. od siły unoszącej łódź na wodzie, że szybowiec może stracić siłę nośną przez nadmierne zwiększenie kąta natarcia. Przekroczenie kąta oderwania strug wywołuje nagłą utratę siły nośnej i prędkości, przepadnięcie oraz może spowodować korkociąg. Przy szybowcach wyczynowych oderwanie strug następuje gwałtownie, przy szkolnych łagodniej.

Siła nośna podobnie jak opór zależy od:

1. kształtu ciała i jego kąta natarcia względem kierunku ruchu;
2. gęstości powietrza;
3. wielkości powierzchni nośnej;
4. kwadratu prędkości ruchu.

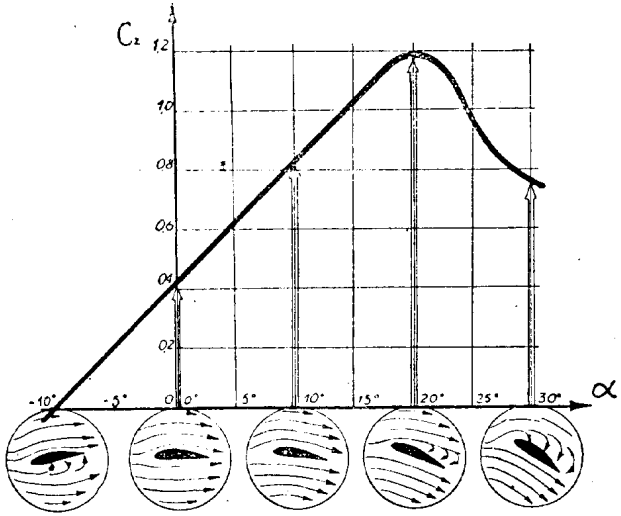
Powyższą zależność możemy zapisać w postaci wzoru:

$$P_z = \frac{\rho v^2}{2} S C_z$$

gdzie:

P_z — siła nośna w kG,

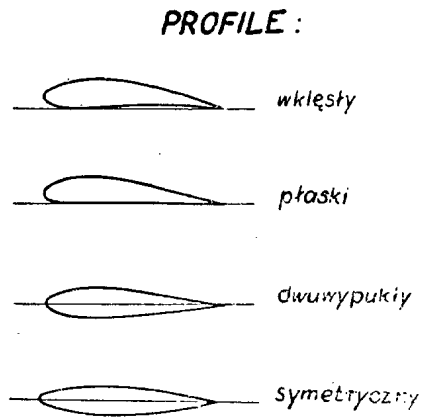
C_z — współczynnik siły nośnej, pozostałe oznaczenia jak we wzorze na opór. Zależność współczynnika siły nośnej od kąta natarcia α przedstawia rys. 19.



Rys. 19. Zależność współczynnika siły nośnej od kąta natarcia

Współczynnik C_z mierzy się w tunelu aerodynamicznym podobnie jak C_x. Wygląd wykresu C_z w zależności od α jest związany z kształtem profilu i dla każdego profilu jest trochę inny. Ciała, które dają dużą siłę nośną, różnią się kształtem od ciał o najmniejszym oporze. Warunkiem dużej siły nośnej jest krzywizna profilu. Płaska płytka daje parokrotnie mniejszą siłę nośną niż wygięta.

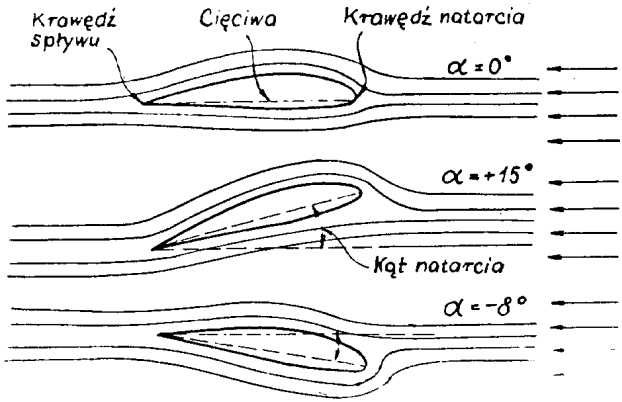
Profile lotnicze dzielimy na: wklęsłe, płaskie, dwuwypukłe i symetryczne (rys. 20). Wklęsłe stosowane są do powolnych szybowców. Płaskie obecnie są prawie nie używane. W samolotach najczęściej stosowane są dziś dwuwypukłe. Symetryczne przede wszystkim jako profile usterzeń.



Rys. 20. Rodzaje profili lotniczych

Mówiąc o profilach powinniśmy się zaznajomić z takimi pojęciami jak cięciwa oraz dodatni i ujemny kąt natarcia. Cięciwą geometryczną nazywamy linię łączącą krawędź natarcia z krawędzią spływu. W przypadku profilu płaskiego lub wklęsłego cięciwą jest linia styczna do spodniej strony profilu. Jest to linia, od której mierzymy kąty natarcia.

Kierunek wyznaczony przez kąt natarcia, przy którym siła nośna profilu równa się zeru, nazywamy linią zerowej siły nośnej lub cięciwą aerodynamiczną. Kąt natarcia nazywamy dodatnim, jeśli powietrze napływa na skrzydło od jego spodu, ujemnym — jeśli od strony górnej (rys. 21).



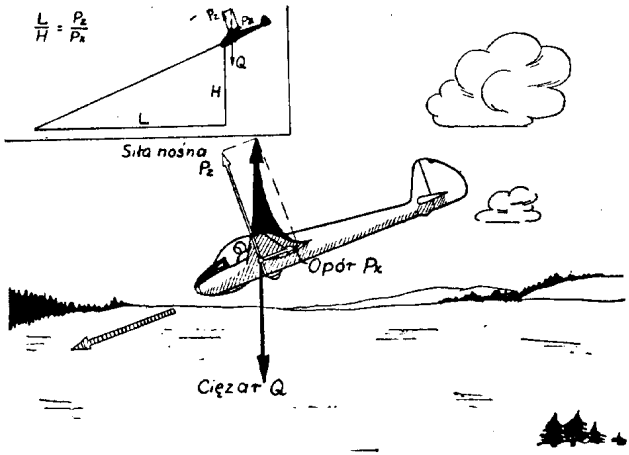
Rys. 21. Kąty natarcia: zerowy, dodatni i ujemny

Grubość profilu określamy tzw. grubością procentową. Jest to stosunek maksymalnej grubości profilu do długości cięciwy podany w procentach. Profile cienkie mają grubość 6—9%. Średnie około 12%, grube powyżej 15%.

B. BIEGUNOWA SZYBOWCA I BIEGUNOWA PRĘDKOŚCI

Według pierwszej zasady Newtona, którą zapewne znacie z fizyki, „ciało porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym (lub znajduje się w spoczynku), jeśli działające nań siły się równoważą".

Zastosujmy tę zasadę do lotu szybowca. Jakie siły działają na szybowiec? Ciężar, siła nośna i opór. Jeśli dwie siły działają na jakieś ciało, np. dwóch chłopców ciągnie zabawkę, każdy w prze-



Rys. 22. Rozkład sił w locie

ciwną stronę, to sprawa jest prosta. Siły się równoważą, gdy każdy z chłopców ciągnie tak samo mocno. Co zaś zrobić, gdy mamy trzy siły i każda działa w inną stronę? Trzeba znaleźć wypadkową dwu z nich i dopiero ta wypadkowa ma być równa trzeciej sile. Wypadkową dwóch sił znajdujemy rysując tzw. równoległobok sił. Zaglądnijcie do fizyki, jak się go robi, lub odczytajcie z rys. 22. Na tym rysunku siły działające na szybowiec równoważą się.

Z rysunku tego można się dowiedzieć o czymś bardzo ważnym w szybownictwie. Wprowadzimy tylko najpierw pojęcie „doskonałości" szybowca. Doskonałością nazywamy stosunek odległości (L), jaką przeleci szybowiec, do wysokości (H), którą straci na ten lot — lub prościej „odległość w kilometrach, którą przeleci szybowiec z wysokości 1 km".

Jeśli się dobrze przyjrzymy rysunkowi, to zauważymy, że trójkąt o bokach L i H jest podobny do trójkąta o boku P_z (w którym drugi bok jest równy P_x). Z podobieństwa tych trójkątów otrzymamy:

$$\frac{L}{H} = \frac{P_z}{P_x} = \frac{C_z}{C_x} = d \text{ (doskonałość)},$$

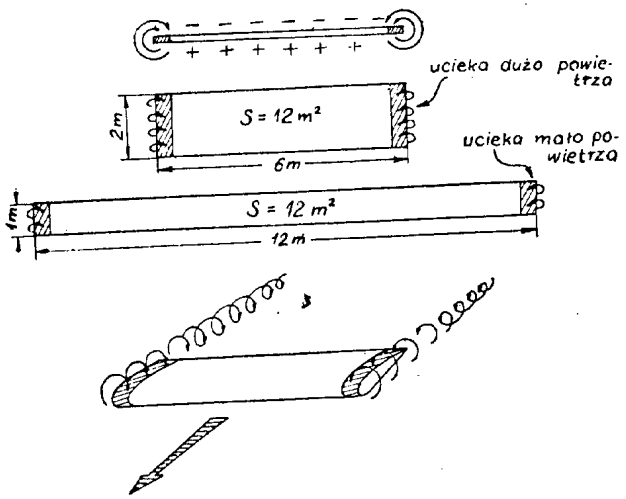
gdyż L/H to doskonałość, a wstawione w miejsce P_z i P_x poznane uprzednio wzory po zredukowaniu dadzą nam C_z/C_x. Jak wiemy, dla każdego kąta natarcia α C_z i C_x mają inną wielkość. Stąd wyciągniemy wniosek ostateczny: doskonałość każdego szybowca w locie zależy od kąta natarcia, na którym on leci. Jak jednak znaleźć, przy którym kącie doskonałość jest największa?

Aby się tego dowiedzieć, trzeba zrobić wykres zwany biegunową szybowca. Do wykonania biegunowej musimy znać współczynnik siły nośnej i współczynnik oporu całego szybowca — dla różnych kątów natarcia. Znamy dotychczas jedynie C_x profilu, opór zaś skrzydła składa się z oporu profilowego oraz oporu indukowanego (tzn. wzbudzonego).

Co to jest opór indukowany? Wyobraźmy sobie dwa skrzydła o tym samym profilu i tej samej powierzchni, lecz jedno krótkie i szerokie, a drugie wąskie i długie (rys. 23). Jak wiemy, nad skrzydłem panuje podciśnienie, pod skrzydłem zaś nadciśnienie. A co się dzieje na końcu skrzydła? Zabrakło tu przegródki, jaką było skrzydło między powietrzem o dużym i małym ciśnieniu. Powietrze zaczyna uciekać z dołu na górną powierzchnię skrzydła. Ponieważ skrzydło porusza się do przodu (szybowiec leci), powietrze zostanie zepchnięte do tyłu i tak powstanie za końcem skrzydła wir indukowany, który powoduje wzrost oporu skrzydła.

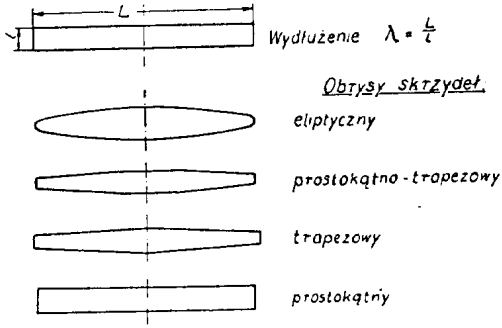
Popatrzmy się na nasz rysunek. Gdzie więcej powietrza ucieka z dołu do góry — na końcu skrzydła szerokiego czy wysmukłego?

Widzimy od razu, że skrzydła wąskie i długie są lepsze. W lotnictwie smukłość skrzydła ocenia się za pomocą tzw. wydłużenia. Wydłużenie jest to stosunek rozpiętości skrzydła do jego (średniej) szerokości (rys. 24). Oznaczamy je literą λ (lambda). Szybowce wyczynowe mają duże wydłużenie 15—20, szkolne 6—8.



Rys. 23. Od czego zależy opór indukowany?

Opór indukowany zależy również od obrysu skrzydła (kształtu skrzydła w widoku z góry) oraz kształtu zakończenia skrzydła.

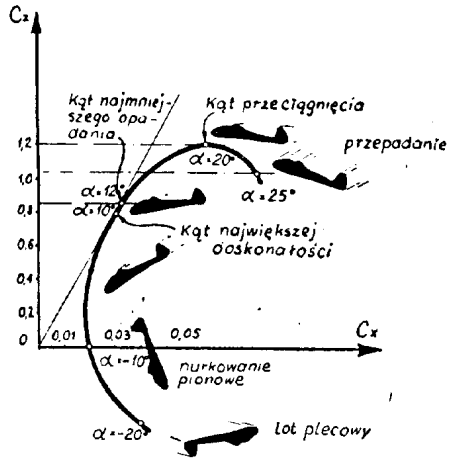


Rys. 24. Obrysy skrzydeł

Najmniejszy opór wzbudza skrzydło eliptyczne, potem prostokątno-trapezowe i trapezowe. Największy — prostokątne z nie zaokrąglonymi końcami.

Poznaliśmy już opór skrzydła. Aby otrzymać opór całego szybowca, musimy do oporu skrzydła dodać opór kadłuba, usterzenia i wszystkich części wystających oraz opory spowodowane zawirowaniami w miejscach łączenia poszczególnych części szybowca z sobą (tzw. opory interferencji).

Dopiero teraz, gdy znamy opór, a raczej współczynnik całkowitego oporu szybowca — dla różnych kątów natarcia — możemy przystąpić do wykreślenia biegunowej szybowca. Wykonujemy ją korzystając z rysunków 15 i 19. Na osi poziomej odmierzamy C_x całego szybowca dla danego kąta natarcia α, na osi pionowej



Rys. 25. Biegunowa doskonałości szybowca

zaś C_z odpowiadający temu kątowi natarcia. Te dwie wartości wyznaczają nam punkt. Dla innego kąta natarcia otrzymamy inny punkt. Łącząc te punkty otrzymamy krzywą o kształcie litery C. Jest to właśnie biegunowa szybowca zwana czasami biegunową Lilienthala.

Jak teraz odczytać z biegunowej (rys. 25) największą doskonałość? Jeżeli z punktu przecięcia się osi wykreślimy styczną do biegunowej, to punkt styczności z krzywą odpowiada największej doskonałości szybowca. Możemy odczytać kąt natarcia przy maksymalnej doskonałości ($\alpha = 10°$) oraz C_z i C_x i stąd obliczyć doskonałość. (W naszym przykładzie $C_z = 0{,}8$; $C_x = 0{,}03$

zaś $d = C_z/C_x = 27$.) Doskonałość szybowców szkolnych wynosi około 10, treningowych 16—22, wyczynowych 24—32.

Od czego zależy doskonałość? Przede wszystkim od tych czynników, które wpływają na opór. Opór zaś szybowca możemy zmniejszyć, starając się, by było jak najmniej części wystających i nierówności oraz by nie było części o kształtach nieopływowych.

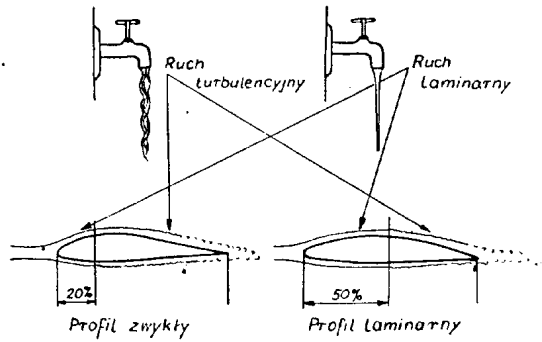
Najsilniej na doskonałość wpływa wydłużenie skrzydeł, lecz ze względu na wytrzymałość nie można zbytnio zwiększać rozpiętości szybowca. Poważnie też wpływa opór tarcia. Wielkość oporu tarcia zależy od tego, czy cząsteczki powietrza przepływające wzdłuż powierzchni ciała, czyli w tzw. warstwie przyściennej, czynią to spokojnie, tzw. ruchem laminarnym (rys. 26) czy też burzliwie, tj. turbulentnie. Ruch laminarny i burzliwy możemy łatwo zaobserwować, puszczając wodę z kranu. Zaobserwujemy, że przy niewielkim odkręceniu kurka struga wody będzie ciągła, bez zawirowań, podczas gdy przy odkręceniu silnym woda wypływać będzie burzliwie — ruchem niespokojnym.

Przy ruchu burzliwym występuje opór parokrotnie większy niż przy laminarnym, gdyż skrzydło jest hamowane przez znacznie większe ilości cząsteczek. To, czy ruch cząsteczek po skrzydle będzie laminarny czy burzliwy, zależy od kształtu, profilu oraz jego gładkości. Jeśli skrzydło będzie miało profil laminarny (rys. 26) oraz będzie wypolerowane i jego szorstkość nie będzie przekraczać 1/100 mm — to na dużej części profilu opływ będzie laminarny i skrzydło będzie stawiać mały opór. Jednakże takie skrzydło jest trudne do wykonania. Drobne zanieczyszczenia psują jego zalety. Dlatego też profile laminarne stosuje się tylko na specjalnych szybowcach wyczynowych. Na ogół szybowce mają profile zwykłe (rys. 26), na których powietrze tylko na małym odcinku ma ruch laminarny w warstwie przyściennej: na większej części profilu posuwa się ono ruchem burzliwym. Szybowce z profilami laminarnymi osiągają doskonałość 36—40.

Na biegunowej szybowca znajduje się parę punktów, które musi znać każdy szybownik. Pierwszy punkt charakterystyczny to kąt maksymalnej siły nośnej, czyli oderwanie strug. Przekroczenie tego kąta powoduje utratę siły nośnej. Drugi — to

kąt największej doskonałości (zwany optymalnym). Trzeci — położony trochę wyżej od drugiego — to kąt najmniejszego opadania (zwany ekonomicznym). Jest to kąt natarcia, przy którym szybowiec ma najmniejszą prędkość opadania. Czwarty — to kąt natarcia przy pionowym nurkowaniu. Przy pionowym nurkowaniu siła nośna równa się zeru — stąd punkt ten leży na przecięciu biegunowej z osią. Poniżej tego punktu znajduje się zakres lotu odwróconego („do góry nogami"). Oczywiście dla każdego typu szybowca biegunowa ma trochę inny wygląd i trochę inne kąty natarcia odpowiadają punktom charakterystycznym.

Wróćmy jeszcze do rysunku 22. Jeśli przyjąć, że kąt lotu szybowca względem poziomu jest niewielki (to znaczy szybowiec



Rys. 26. Ruch burzliwy i laminarny

leci prawie poziomo), wypadkowa siły nośnej i oporu nie będzie wiele większa od siły nośnej. Wtedy możemy powiedzieć, że w przybliżeniu siła nośna równa się ciężarowi oraz możemy napisać:

$$\frac{\rho v^2}{2} S C_z = Q$$

stąd

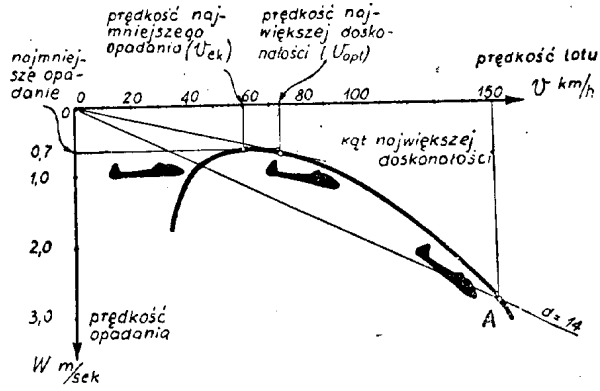
$$V = \sqrt{\frac{2Q}{\rho S C_z}} = 4\sqrt{\frac{Q}{S} \cdot \frac{1}{C_z}}$$

gdyż podstawiliśmy $^1/_8$ za gęstość powietrza.

Z wzoru tego widzimy, że prędkość lotu wzrasta ze wzrostem obciążenia powierzchni Q/S, czyli gdy maleje powierzchnia nośna

lub wzrasta ciężar szybowca oraz ze zmniejszeniem C_z, czyli ze zmniejszeniem kąta natarcia. Ponadto prędkość lotu będzie rosła z nachyleniem toru lotu szybowca ku ziemi — co przed chwilą pozwoliliśmy sobie pominąć.

Prócz doskonałości i prędkości lotu interesuje nas jeszcze prędkość opadania i promień zakrętu. O zakręcie pomówimy później. Teraz zajmiemy się opadaniem. Znając biegunową szybowca, jego ciężar i wielkość powierzchni nośnej, można obliczyć nie tylko prędkość lotu, lecz również prędkość opadania. Wyniki tych obliczeń zazwyczaj przedstawia się w postaci wykresu (rys. 27). Jest to najważniejsza krzywa w szybownictwie, tzw. biegunowa prędkości. Można z niej odczytać prędkość opadania dla każdej prędkości lotu oraz doskonałość i kąt toru lotu. Np. dla prędkości $v = 150$ km/h (punkt A na krzywej) opadanie wyniesie



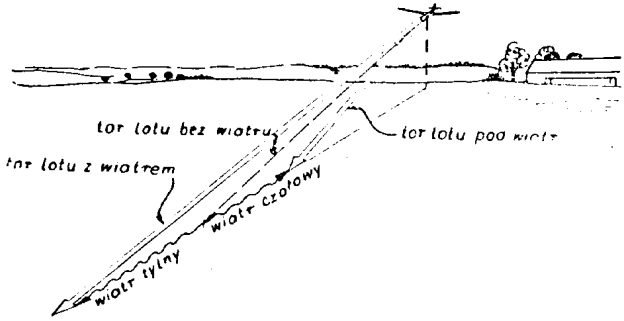
Rys. 27. Biegunowa prędkości

$w = 2{,}7$ m/sek, zaś doskonałość $= 14$. Z biegunowej prędkości odczytujemy najmniejsze opadanie kreśląc linię poziomą styczną do biegunowej, a doskonałość — prowadząc styczną do krzywej z początku układu osi 0.

Biegunowa prędkości mówi też szybownikom o doskonałości i opadaniu szybowca w przypadku wiatru przeciwnego i zgodnego oraz w razie znalezienia się w prądach wznoszących i duszących. Lecz tę umiejętność — nietrudną zresztą — opanujemy

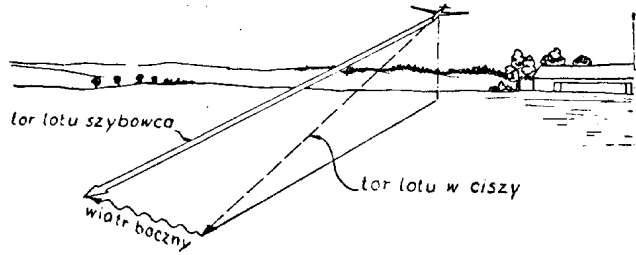
dopiero, gdy będziemy siadali za sterem szybowca wyczynowego.

Obecnie zaznajomimy się tylko ogólnie z tym, jak wiatr wpływa na lot szybowca. Jeśli szybowiec będzie leciał pod wiatr, to jego prędkość względem ziemi będzie równa prędkości lotu minus prędkość wiatru. Gdy zaś leci z wiatrem, to prędkość



Rys. 28. Lot z wiatrem i pod wiatr

względem ziemi jest sumą prędkości lotu i prędkości wiatru. Stąd pierwszy wniosek, że należy lądować pod wiatr, bo lepiej jest zetknąć się z ziemią na małej prędkości niż przy dużej, oraz że lecąc pod wiatr wylądujemy na znacznie mniejszym lotnisku.

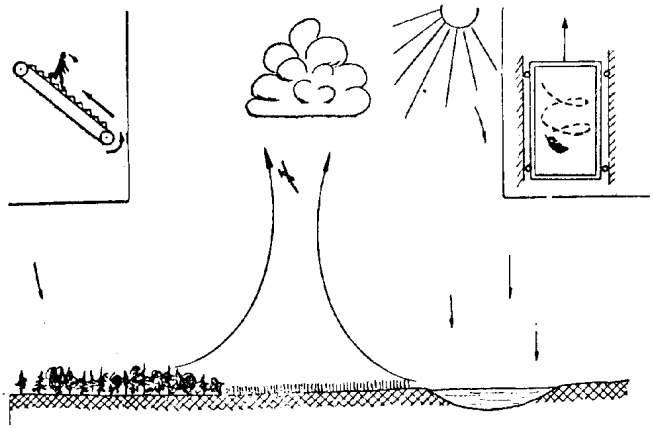


Rys. 29. Wpływ wiatru bocznego

Lecąc z wiatrem zalecimy w tym samym czasie z danej wysokości znacznie dalej niż lecąc pod wiatr (rys. 28). Lecz nie zawsze lecimy prosto pod wiatr czy z wiatrem. Jaki więc będzie wpływ wiatru bocznego czy skośnego? Będzie on prócz tego znosił z kierunku (rys. 29). Aby utrzymać szybowiec na obranym kursie,

trzeba wtedy lecieć kierując szybowiec nie prosto na obrany cel, lecz nieco w bok, w stronę, skąd wieje wiatr.

Jakie są skutki tego, gdy szybowiec wleci w prądy wznoszące czy opadające — chyba wiecie lub się domyśliliście. Warto jednak zwrócić uwagę na to, że szybowiec zawsze opada względem powietrza, które go otacza; podobnie jak saneczki po zboczu góry —



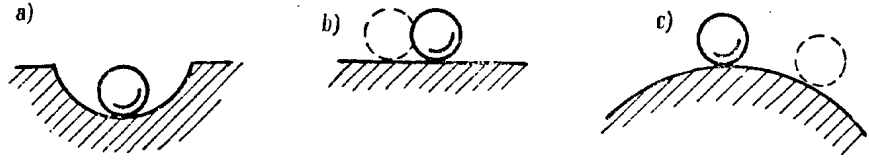
Rys. 30. Szybowiec w „kominie" opada względem powietrza, a wznosi się względem ziemi

szybowiec potrafi tylko ześliznąć się na dół. Wznosi się zaś w górę tylko dzięki temu, że powietrze, w którym szybowiec opada, szybciej winduje się w górę, niż on opada w dół. Można więc szybowiec porównać do piórka, które puściliśmy pod sufitem windy. Piórko opada ku podłodze, lecz równocześnie winda wznosi się szybko w górę. Innym porównaniem mogą być ruchome schody, jadące do góry z chłopcem, który próbuje zejść po nich na dół (rys. 30).

C. STATECZNOŚĆ I STEROWNOŚĆ

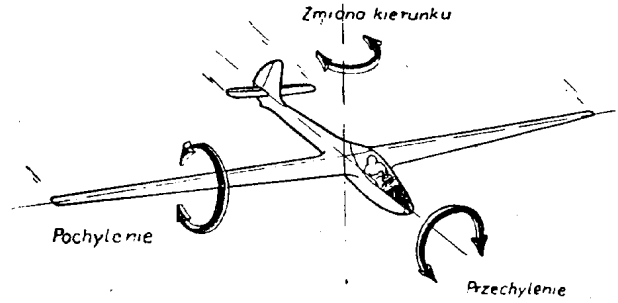
Co to znaczy, że szybowiec jest stateczny? Aby to wyjaśnić, przypomnijmy sobie wiadomości o równowadze. Jak łatwo można się przekonać, istnieją 3 możliwości równowagi ciała: równowaga

trwała, równowaga obojętna i równowaga nietrwała (rys. 31a, b, c). Ciało znajdujące się w równowadze trwałej — zawsze wraca do pierwotnego położenia i nazywamy je statecznym. Ciało, które wytrąconę z równowagi nie wróci do dawnego położenia (rys. 31c), nazywamy niestatecznym.



Rys. 31a, b, c. Rodzaje równowagi

Szybowiec nazywamy statecznym, jeśli bez pomocy pilota utrzymuje stałą prędkość lotu (stały kąt toru lotu), stały kierunek lotu i nie wchodzi w spiralę. Ponieważ szybowiec może wykonywać ruchy wokół trzech osi obrotu — rozróżniamy trzy rodzaje stateczności szybowca: podłużną, kierunkową i po-

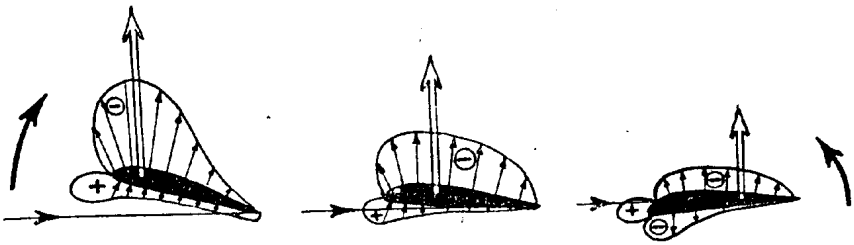


Rys. 32. Obroty szybowca wokół osi pionowej, poprzecznej i podłużnej

przeczną. Przy okazji przypatrzmy się rysunkowi 32 i zapamiętajmy, jakie obroty szybowca nazywamy: pochyleniem, przechyleniem i zmianą kierunku (odchyleniem).

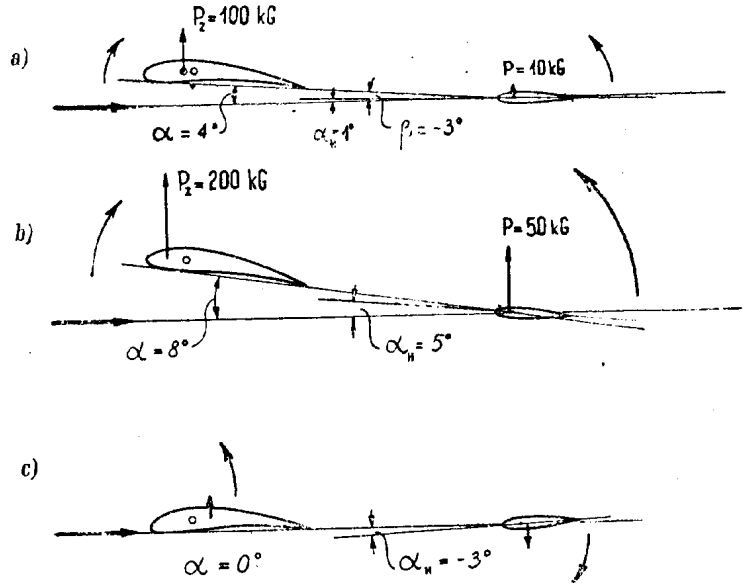
Stateczność podłużna szybowca zależy od momentów sił powodujących pochylenie się szybowca. A co to jest moment? Momentem nazywamy działanie siły powodujące obrót ciała. Wielkość momentu zależy nie tylko od wielkości siły, lecz również od długości ramienia, na które siła działa,

Zainteresujemy się momentem siły nośnej skrzydła. Podciśnienie nad profilem i nadciśnienie pod spodem profilu zmieniają się w zależności od kąta natarcia (rys. 33). Przy dużych kątach



Rys. 33. Wędrówka środka parcia

dodatnich większe jest nad- i podciśnienie bliżej krawędzi natarcia. Przy ujemnych — bliżej krawędzi spływu. Siła nośna, powstała jako wypadkowa tych ciśnień, będzie więc raz „przy-



Rys. 34. Stateczność podłużna

czepiona" bliżej przodu, a raz bliżej tyłu. Ten punkt przyczepienia siły nazywamy środkiem parcia, opisane zaś zjawisko — wędrówką środka parcia.

Jeżeli środek ciężkości, dookoła którego — jak wiemy — szybowiec się obraca, znajduje się w miejscu oznaczonym kółkiem na rys. 34, to zauważymy, że szybowiec posiadający tylko skrzydło będzie niestateczny. Na dużych kątach natarcia siła nośna — przyczepiona przed środkiem ciężkości — będzie zadzierała przód szybowca w górę i to coraz silniej. Na małych kątach natarcia (rys. 34c) siła nośna zmusi szybowiec do coraz ostrzejszego nurkowania. Widzimy więc, że szybowiec mający jedynie skrzydło będzie chciał stawać dęba albo nurkować — aż do przejścia na plecy.

Aby tego uniknąć, stosujemy statecznik poziomy. Jakie jest działanie tego statecznika?

Jeżeli szybowiec ma być stateczny, to momenty względem środka ciężkości — od siły nośnej skrzydła i od usterzenia — muszą przywracać mu zawsze położenie, z którego został wytrącony. Jak się zachowa więc nasz szybowiec z usterzeniem? Póki szybowiec leci prostym lotem ślizgowym — momenty się równoważą (rys. 34a). Gdy np. z powodu podmuchu wzrośnie kąt natarcia na skrzydle (rys. 34b), środek parcia przesunie się do przodu i wzrośnie siła nośna. Na usterzeniu również wzrośnie siła nośna. Zauważmy jednak, że odległość usterzenia od środka ciężkości jest wielokrotnie większa niż odległość środka parcia skrzydła od środka ciężkości. Przeto wzrost momentu od usterzenia będzie większy niż momentu skrzydła i ogon zostanie podniesiony do góry, przez co szybowiec wróci do normalnego położenia. Podobna sytuacja powstanie przy ujemnych kątach natarcia. Widzimy więc, że statecznik zapewnia szybowcowi stateczność podłużną, gdyż szybowiec zachowuje się wtedy jak chorągiewka.

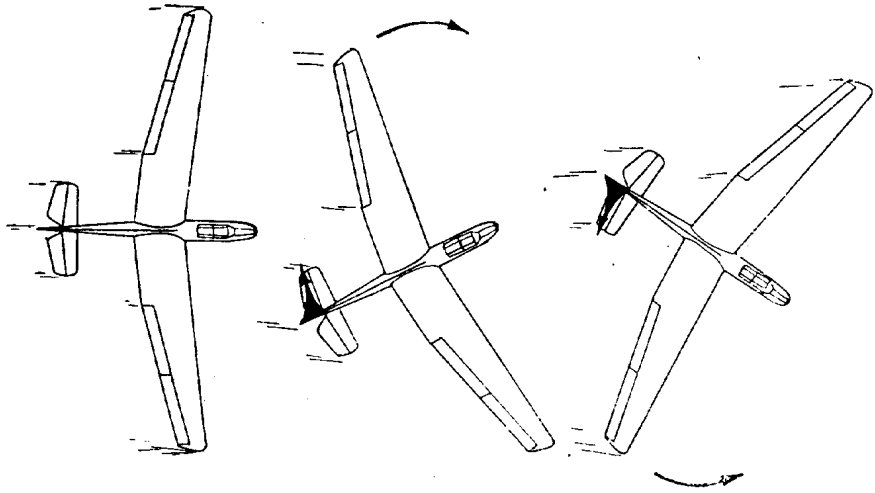
Ponadto od statecznika (i steru) zależy równowaga szybowca w locie. Jeśli na końcu kija podpartego w środku zawiesić ciężar, to — ażeby uzyskać równowagę — na drugim końcu też trzeba zawiesić ciężar. Podobnie gdy na kadłub przed środkiem ciężkości działa siła nośna skrzydła, to na tyle kadłuba do równowagi potrzebna jest siła od usterzenia. Zależy ona od kąta zaklinowania statecznika α_z względem cięciwy skrzydła (rys. 34c).

Czy może istnieć stateczny szybowiec bez usterzenia? Tak, o ile skrzydło ma tak zwany profil samostateczny. Profil samostateczny ma podgiętą do góry krawędź spływu, co powoduje, że wędrówka środka parcia jest u niego przeciwna niż w zwykłym profilu. Pozornie bez usterzenia są bezogonowce o skrzydłach ze skosem do tyłu. Faktycznie rolę usterzenia spełniają końce skrzydeł, które znajdują się w tyle za środkiem ciężkości szybowca i mają mniejszy kąt natarcia niż środkowa część skrzydła.

Mówiąc o stateczności liczyliśmy momenty względem środka ciężkości szybowca. Lecz czy środek ciężkości zawsze jest punktem stałym? Otóż nie. Jak wiadomo, środek ciężkości jest to punkt przyczepienia wypadkowej ciężaru wszystkich części szybowca. Ciało podparte w środku ciężkości zachowuje równowagę obojętną. Weźmy drążek. Aby utrzymać go na palcu poziomo — trzeba go podeprzeć w środku ciężkości, który znajduje się w połowie długości drążka. Jeśli na końcu drążka zawiesimy ciężarek — środek ciężkości przesuwa się w stronę ciężarka. Jeśli ciężarek zwiększymy lub przesuniemy — przesunie się również i środek ciężkości. Tak samo położenie środka ciężkości szybowca zależy od zmiany położenia jakiegoś ciężaru oraz od zmiany jego wielkości, na przykład od tego, czy pilot jest ciężki, czy lekki.

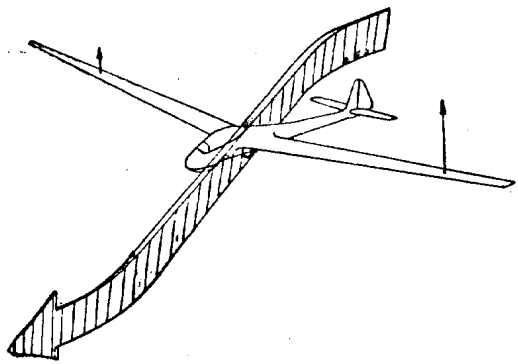
Położenie środka ciężkości nazywamy wyważeniem. Przesunięcie środka ciężkości do przodu (czyli wyważenie przednie) polepsza stateczność, do tyłu — szybowiec będzie zadzierał aż do oderwania się strug. Dlatego tylne wyważenie jest niedopuszczalne. Możemy to łatwo sprawdzić. Weźmy dobrze latający model kartonowy i przesuwajmy mu obciążenie do tyłu. Dość szybko doprowadzimy do przeciągnięcia modelu, a tym samym lotu niestatecznego.

Na s t a t e c z n o ś ć k i e r u n k o w ą szybowca najsilniej wpływa statecznik pionowy. Popatrzmy na rys. 35. Usterzenie pionowe działa jak chorągiewka na dachu. „Ciągnie" szybowiec za ogon, by powrócił do dawnej pozycji, to znaczy, leciał wzdłuż kierunku ruchu. Gdyby nie było usterzenia pionowego — szybowiec przy każdym bocznym podmuchu wiatru „tańczyłby", zamiatając ogonem na wszystkie strony i zmieniałby wciąż kierunek lotu.



Rys. 35. Działanie stateczника pionowego

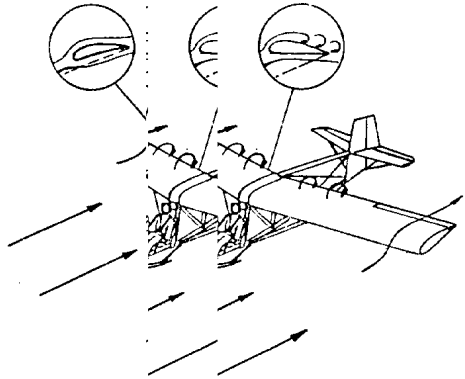
A jak przedstawia się stateczność poprzeczna? Szybowiec jej nie posiada i przy przechyleniu na skrzydło sam nie powraca do pozycji poziomej. Zwykle pilot musi wychyleniem lotek przywrócić szybowcowi właściwe położenie. Ktoś mógłby powiedzieć, że przecież latają modele, które nie mają pilota sterującego lotkami, a jednak nie przewracają się przez skrzydło? Coś w tym musi być. Otóż szybowiec posiada stateczność boczną. Co to



Rys. 36. Wpływ wzniosu skrzydeł na stateczność boczną szybowca

takiego? Jeśli szybowiec pr li się i zacznie się ślizgać w bok na skrzydło — strugi powi będą będą opływać szybowiec z boku (rys. 36). Jeśli napotkają tylk tylko na usterzenie pionowe, to „przytrzymają" go za i zm i zmuszą do spirali. Jeżeli zaś skrzydło będzie wzniesione órze, órze, to powietrze będzie również działać na skrzydło. Spowo wtedy wtedy wzrost siły nośnej na tym skrzydle, w kierunku któr ybow ybowiec się ślizga. Siła ta unie- sie skrzydło do góry i szi iec wiec wróci do normalnej pozycji. Tak więc wznios skrzydeł zape zapewnić stateczność boczną.

Prócz stateczności wymy ody od szybowca, by nie wpadał łatwo w korkociąg. Przy kor korkociągu jest przeciągnięcie

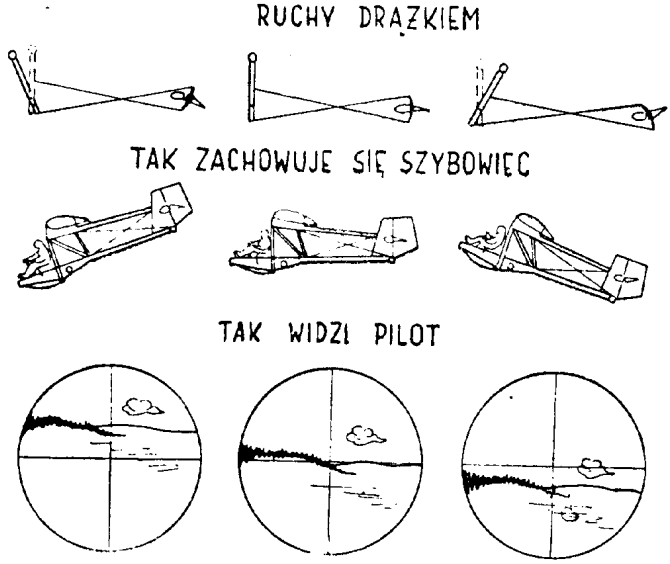


Rys. 37. Dz skrę skręcenia skrzydła

szybowca i oderwanie sięg na g na jednym ze skrzydeł. Wtedy na tym skrzydle opór wz na (na drugim zaś jest mały. Jedno skrzydło zostaje w tyle, dr zaś i zaś idzie do przodu — i szybowiec zaczyna kręcić korkociąg. zabe zabezpieczyć się przed korkocią- giem, należy się postarać w r w razie przeciągnięcia szybowca oderwanie strug wpierw wiło wiło w pobliżu kadłuba, a jak naj- później na końcach — w żu lożu lotek. Wtedy szybowiec będzie przepadał, lecz nie wejdv kov korkociąg, a lotki będą nadal skutecznie działać. Możeto uto uzyskać odpowiednią budową skrzydła, np. przez takięcenięcenie skrzydła, przy którym na jego końcu mamy mnie kąty kąty natarcia niż przy kadłubie (rys. 37).

Dotychczas mówiliśmy o tym, jak będzie się zachowywał szybowiec, któremu pilot ani nie pomaga, ani nie przeszkadza. Zobaczymy jednak, jak pilot może wpłynąć na lot szybowca. W tym celu musimy poznać działanie sterów. Wychylenie powierzchni sterowej na przykład do dołu powoduje wzrost siły nośnej na usterzeniu — gdyż opuszczony ster zmienia kształt profilu usterzenia (robi go wypukłym) i, obniżając krawędź spływu, jak by zwiększa kąt natarcia usterzenia. Zwiększona siła działa na szybowiec — wywołuje jego obrót dokoła środka ciężkości.

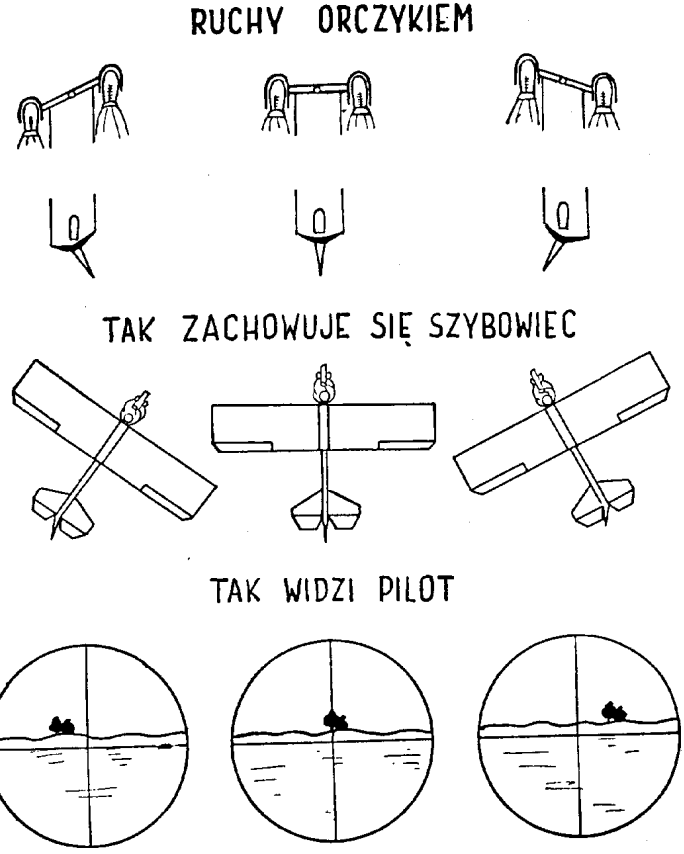
Sterem, który reguluje prędkość lotu przez zmianę kąta natarcia skrzydła, jest ster wysokości. Oddanie drążka stero-



Rys. 38. Działanie steru wysokości

wego od siebie powoduje opuszczenie powierzchni sterowej (steru) do dołu; siła nośna wywołana na usterzeniu podnosi ogon szybowca w górę, przód szybowca opada wtedy ku dołowi (rys. 38), kąt natarcia skrzydła zmaleje, prędkość lotu wzrośnie. Ściągnięcie zaś drążka na siebie wywoła ruch powierzchni sterowej w górę — siła na usterzeniu pociągnie ogon do dołu — szybowiec zadrze przód kadłuba w górę. Kąt natarcia skrzydła

wzrośnie i prędkość lotu zmaleje. A jak pilot może ocenić, czy szybowiec zadziera, czy nurkuje? Po prostu według położenia horyzontu (rys. 38). Należy pamiętać, że ruchy sterem wysokości powinny być płynne i nie za duże — nigdy zaś nerwowe. Inaczej



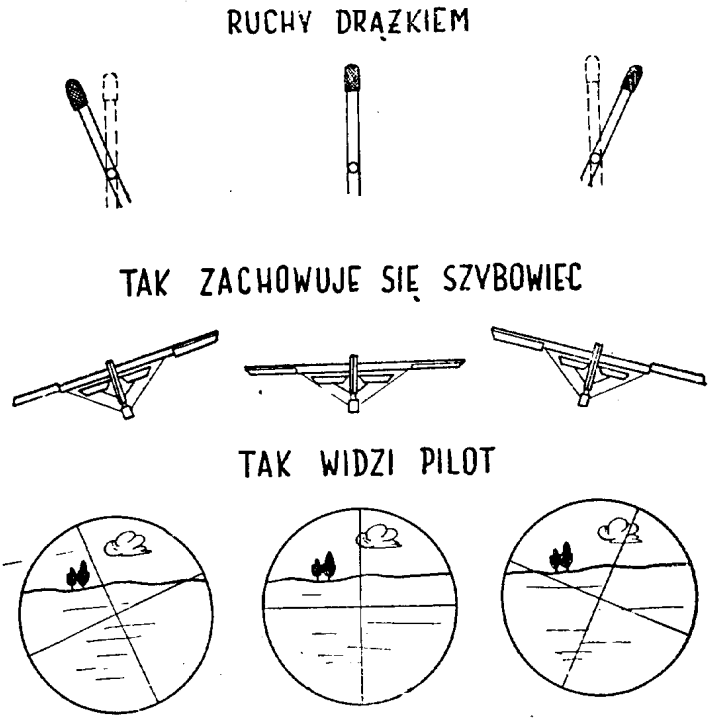
Rys. 39. Działanie steru kierunku

szybowiec raz będzie zadzierał do góry, raz z gwizdem nurkował, czyli będzie wykonywał tak zwaną „pompę", niezbyt dobrze świadczącą o umiejętnościach pilota.

Działanie steru kierunku jest dość proste (rys. 39). Wdepnięcie prawej nogi, spoczywającej na orczyku, powoduje wychylenie steru kierunku w prawo. Powstała siła pociąga ogon w lewo, przód szybowca zaś idzie w prawo, czyli szybowiec

będzie leciał w prawo. Podobnie ruch lewą nogą zmieni kierunek lotu w lewo. W locie najłatwiej jest kontrolować utrzymanie kierunku przez obranie sobie jakiegoś przedmiotu na horyzoncie jako punktu orientacyjnego. Przy zmianach kierunku przedmiot ten będzie „wędrował" na prawo lub na lewo.

A jak działają lotki? Gdy drążek sterowy przechylimy na bok, to lotka z tej strony, na którą przechyliliśmy drążek, podniesie



Rys. 40. Działanie lotek

się do góry, siła nośna na tym skrzydle zmaleje i skrzydło zacznie opadać na dół, druga zaś lotka opuści się do dołu — siła nośna na tym skrzydle wzrośnie i skrzydło pójdzie do góry (rys. 40). Wielkość przechylenia szybowca oceniamy według położenia skrzydła względem ziemi i horyzontu (popatrzmy wzdłuż skrzydła). Aby przywrócić szybowcowi pozycję normalną, przechylamy drążek w przeciwną stronę niż przechylenie szybowca i siły spo-

wodowane wychyleniem lotek podnoszą w górę opuszczony koniec skrzydła, a obniżają uniesiony w górę.

Czy stery i lotki — to już wszystkie ruchome powierzchnie, którymi wpływamy na lot szybowca? Nie. Lecz działanie klap, hamulców aerodynamicznych i klapek wyważających i odciążających poznamy dopiero przy okazji zaznajamiania się z budową szybowców.

TECHNIKA PILOTAŻU

Technika pilotażu mówi nam, jak za pomocą sterów wykonywać szybowcem różne ewolucje. Zajmiemy się przede wszystkim sposobem wykonania podstawowych składników lotu, którymi są:

1) start;
2) lot ślizgowy;
3) zakręty;
4) lądowanie.

Na wstępie parę słów o przygotowaniu się pilota do lotu. Należy pamiętać, że każdy lot — choćby nawet skok na szybowcu szkolnym — wymaga od pilota szybkiego myślenia, opanowania i dobrego stanu fizycznego. W razie przemęczenia lub złego samopoczucia lepiej z lotu zrezygnować, niż narażać siebie i szybowiec na wypadek.

Przed lotem pilot ma obowiązek:

1) sprawdzić stan techniczny szybowca (zabezpieczenie połączeń oraz działanie sterów, zaczepu i przyrządów pokładowych);
2) zorientować się w sytuacji meteorologicznej;
3) dokładnie zapoznać się z zadaniem lotu i sposobem jego wykonania.

Jeśli zadania nie zrozumiesz, powinieneś bez fałszywego wstydu zwrócić się do instruktora, który chętnie wszystko wytłumaczy.

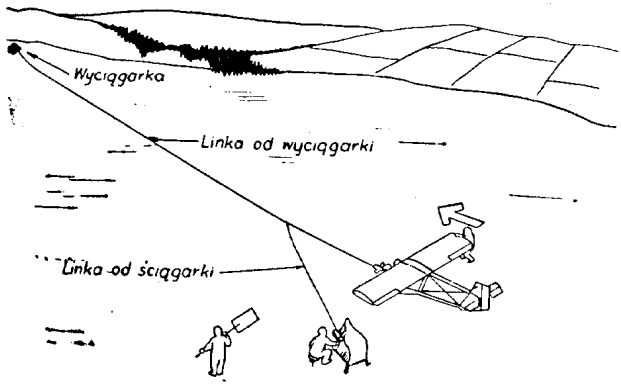
A. START

Szybowiec startuje przez nadanie mu odpowiedniej prędkości, dzięki której na skrzydłach powstaje siła nośna. Istnieje wiele rodzajów startu, na przykład za pomocą wyciągarki, lin gumowych, za samolotem, przy pomocy rakiet, za samochodem czy — przy silnym wietrze w terenie górzystym — z miejsca.

Najbardziej rozpowszechnionym rodzajem startu stosowanym w czasie szkolenia jest start za pomocą wyciągarki (rys. 41). Wyciągarka nawijając stalową linę na bęben nadaje prędkość niezbędną do oderwania się szybowca od ziemi.

Linka od wyciągarki połączona jest z linką ściągarki. Szybowiec startując rozwija linkę ściągarkową. Przy użyciu ściągarki starty mogą się odbywać co 3—4 minuty. Gdy zaś linka jest ściągana ręcznie, co 6—10 minut.

Zobaczymy, jaki jest udział pilota w starcie, jakie wykonuje on ruchy i czynności. Ster kierunkowy i lotki ustawiamy w położeniu neutralnym (środkowym), ster wysokości zaś trochę opu-

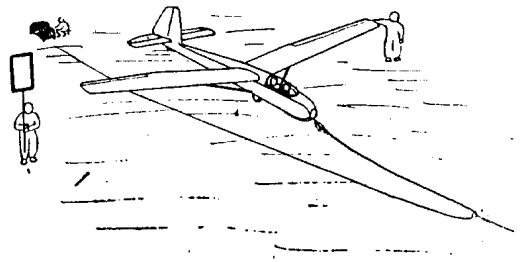


Rys. 41. Start wyciągarkowy przy zastosowaniu ściągania linki wyciągarkowej przez ściągarkę

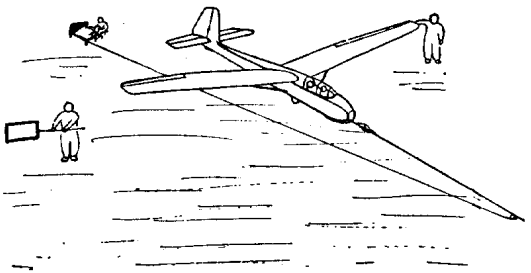
szczamy przez lekkie oddanie drążka sterowego od siebie. Czynimy to, aby w początkowej fazie startu, gdy szybowiec jest nisko nad ziemią, zapobiec gwałtownemu uniesieniu się przodu szybowca w górę, gdy szarpnie linka (co czasem się zdarza). Mogłoby bowiem nastąpić wyczepienie, zerwanie lub zluźnienie linki i szybowiec wskutek utraty prędkości na dużych kątach natarcia straciłby siłę nośną i przepadł rozbijając się o ziemię.

Przebieg sygnalizacji przy starcie szybowca za wyciągarką odbywa się następująco: z chwilą kiedy szybowiec jest już gotowy do startu, z boku szybowca sygnalizator podnosi do góry tarczę sygnalizacyjną, zwracając jej czerwoną stronę w kierunku wyciągarki, na co z wyciągarki odpowiadają również czerwoną

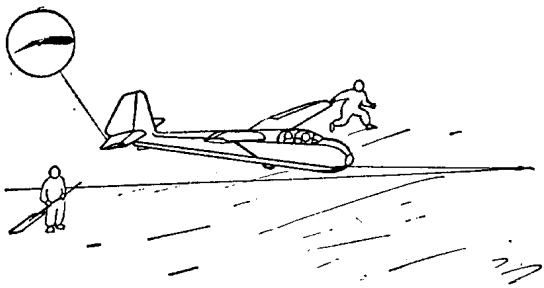
tarczą lub czerwonym sygnałem świetlnym ciągłym: „wyciągarka przygotowana do ciągnięcia". Wówczas na starcie sygnalizator



Rys. 42. Szybowiec gotowy do startu — tarcza sygnalizacyjna (strona biała) w pionie — „można ciągnąć"



Rys. 43. Linka wyciągarkowa naprężona — tarcza sygnalizacyjna w poziomie

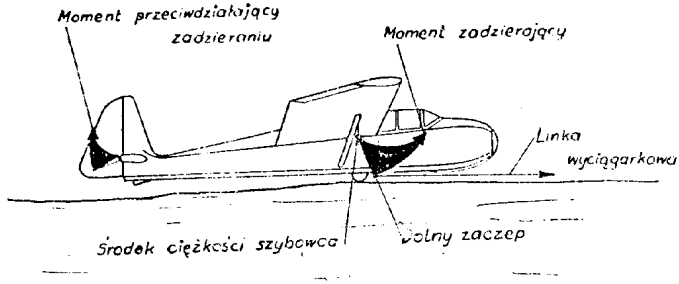


Rys. 44. Szybowiec rusza z miejsca — tarcza sygnalizacyjna opuszczona

obraca tarczę na kolor biały, co oznacza „można ciągnąć" (patrz rysunek 42), a z wyciągarki odpowiadają białą tarczą lub zielonym kolorem świetlnym ciągłym: „zaczynam ciągnąć".

W momencie kiedy linka wyciągarkowa zostaje naprężona, sygnalizator opuszcza powoli tarczę do poziomu (rysunek 43), a z chwilą ruszenia szybowca z miejsca tarcza sygnalizacyjna zostaje opuszczona do ziemi (rys. 44) i sygnalizator tak długo trzyma ją w ręku, obserwując lot szybowca, dopóki linka wyciągarkowa nie zostaje odczepiona od szybowca.

O ile start odbywa się przy zastosowaniu zaczepu dolnego, wówczas na wstępie wymiany sygnałów tarczę obraca się wkoło osi drzewca, zmieniając stale kolory biały i czerwony. Dalszy ciąg sygnalizacji niczym się nie różni od opisanej wyżej. Technika startu przy zastosowaniu zaczepu dolnego jest nieco odmienna niż przy zaczepie przednim, a to ze względu na występowanie bardzo silnego momentu zadzierającego szybowiec na

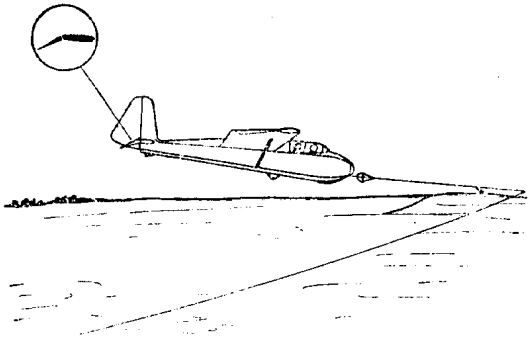


Rys. 45. Start szybowca przy zastosowaniu dolnego zaczepu

duże kąty natarcia. Przeciwdziałamy temu oddając „od siebie" drążek sterowy (rys. 45). Rozpędzanie szybowca do prędkości niezbędnej dla oderwania się od ziemi odbywa się na przestrzeni kilku do kilkudziesięciu metrów w zależności od ciężaru szybowca, siły ciągu wyciągarki i od prędkości wiatru. Szybowiec lekki, o małym obciążeniu powierzchni nośnej, odrywa się szybciej od szybowców ciężkich, zwłaszcza przy silnym wietrze czołowym.

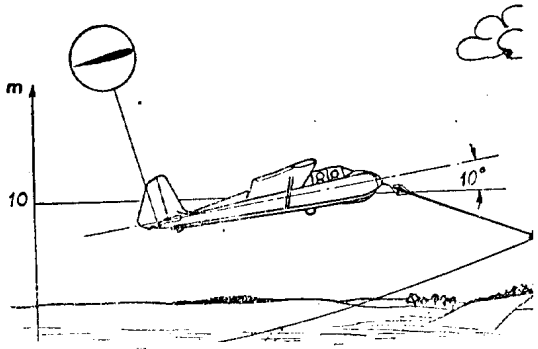
W czasie startu, kiedy jeszcze szybowiec rozpędza się po ziemi, najskuteczniejszym sterem jest ster kierunkowy, za pomocą którego utrzymywać należy obrany kierunek. W przypadku zejścia szybowca z kierunku o kąt większy niż 30° albo w przypadku zahaczenia skrzydłem o ziemię, należy natychmiast się odczepić.

Przy starcie lotki są jeszcze, ze względu na małą prędkość lotu, prawie nieskuteczne. Po oderwaniu się od ziemi należy utrzymywać szybowiec tuż nad ziemią. Dopiero po nabraniu odpowiedniej prędkości szybowiec samoczynnie zaczyna zwięk-



Rys. 46. Szybowiec odrywa się od ziemi

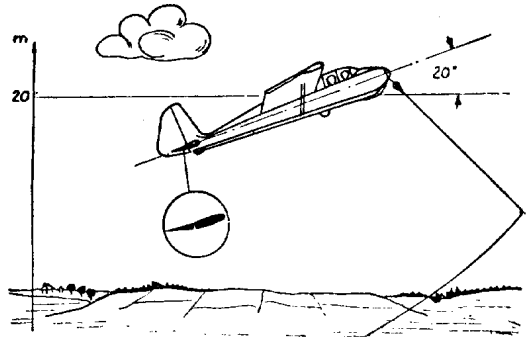
szać kąt natarcia. Dzieje się to przy prędkości lotu optymalnej. Moment przechodzenia szybowca samoczynnie na zwiększone kąty natarcia, czyli przejście do wznoszenia, jest najtrudniejszą



Rys. 47. Na skutek przekroczenia prędkości optymalnej szybowiec zaczyna zwiększać kąt wznoszenia

fazą startu. Niebezpieczeństwo przejścia zbyt wcześnie na duży kąt wznoszenia tkwi w tym, że w razie zaniku ciągu linki z jakiejkolwiek przyczyny, np. zerwanie linki, zadławienie silnika wyciągarki, samowyczep itp., szybowiec nie zdąży nabrać odpo-

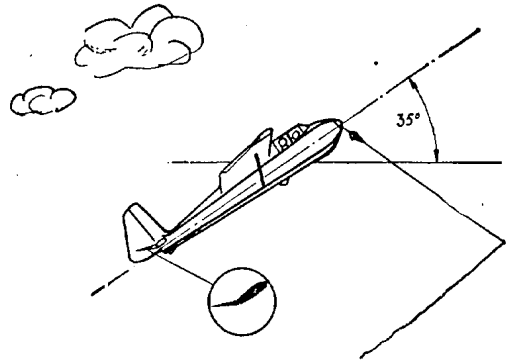
wiedniej prędkości i bezwładnie uderzy o ziemię. Chcąc zapobiec tej ewentualności utrzymujemy mały kąt wznoszenia przy ziemi, zwiększając go bardzo łagodnie, w miarę oddalania się od ziemi. Rysunki 46, 47, 48 ilustrują bezpieczne kąty wznoszenia przy



Rys. 48. Pilot zaczyna zwiększać kąt wznoszenia

ziemi, których nie wolno przekraczać. Zapamiętajmy, że poniżej 30 m wysokości nie wolno ściągać drążka na siebie.

Następna faza startu obejmuje zasadnicze wznoszenie (rys. 49), przy którym szybowiec nabiera najwięcej wysokości. O ile start



Rys. 49. Największy kąt wznoszenia

odbywa się z przedniego zaczepu, wówczas drążek sterowy w miarę oddalania się od ziemi należy łagodnie ściągać na siebie, aż do pełnego wychylenia steru wysokości, natomiast przy starcie z dolnego zaczepu ściągnięcie drążka niewiele odbiega od poło-

żenia neutralnego. Kąt wznoszenia powinien się wahać w granicach od 30° dla zaczepu przedniego, do 50° dla zaczepu dolnego. Prędkość lotu przy wznoszeniu powinna wynosić o 10% więcej niż prędkość optymalna danego typu szybowca, nie może być jednak mniejsza od prędkości optymalnej i nie większa, niż przewiduje to instrukcja eksploatacji szybowca. Mniejsza nie może być dlatego, że szybowiec będzie wówczas mało sterowny (jak mówi się: leniwy na stery), również nie może być większa, niż to przewiduje instrukcja eksploatacji, ponieważ może dojść do przeciążenia niszczącego konstrukcję szybowca.

Aby nie dopuścić do przeciążenia niszczącego, końcówka linki wyciągarkowej zaopatrzona jest w bezpiecznik zrywowy (kawałek cienkiej linki) obliczony na siłę ciągu 400—600 kG. Po przekroczeniu dopuszczalnego obciążenia bezpiecznik zrywa się i linka wyciągarkowa spada na ziemię.

Pilot w szybowcu pozbawionym ciągu musi natychmiast przejść na małe kąty natarcia przez zdecydowane oddanie drążka sterowego od siebie. W podobny sposób postępuje się zawsze z chwilą ustania ciągu z powodu samoczynnego odczepienia się linki (samowyczep) lub jej zerwanie.

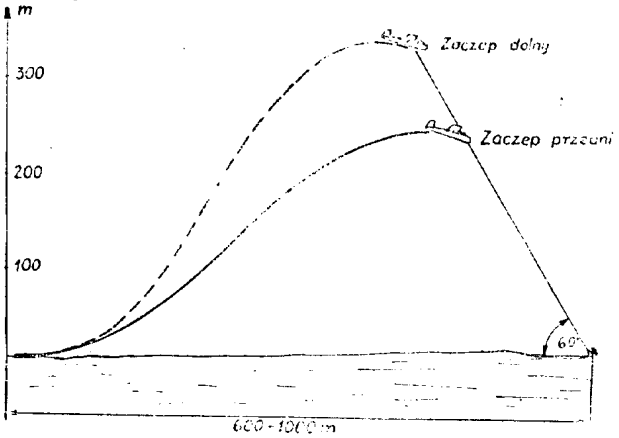
Utrzymywanie kierunku lotu przy wznoszeniu na lince odbywa się w następujący sposób:

Należy obrać przed sobą punkt obserwacyjny (najlepiej chmurę nad horyzontem) i w kierunku na nią sterować szybowiec. Można również spojrzeć na końce skrzydeł i stwierdzić, czy znajdują się w tej samej odległości od linii horyzontu. W ten sposób zapobiega się zwisowi szybowca i schodzeniu z kierunku. Utrzymywanie prędkości przy wznoszeniu za liną wyciągarki odbywa się w ten sposób, że chcąc zmniejszyć prędkość — należy zmniejszyć kąt natarcia, natomiast chcąc zwiększyć prędkość — zwiększa się kąt natarcia, a więc odwrotnie niż przy locie swobodnym.

Niektóre szybowce, zwłaszcza przy starcie z przednim zaczepem, przy zbyt silnym ściąganiu drążka na siebie mają tendencję do rozkołysania się wokół swojej osi poprzecznej. Przyczynę tego zjawiska stanowi przekroczenie krytycznego kąta natarcia na usterzeniu poziomym, w następstwie czego skuteczność steru wysokości chwilowo maleje i szybowiec samoczynnie zmniejsza

kąt wznoszenia. Z chwilą zmniejszenia kąta natarcia działanie steru wysokości snów staje się skuteczne i szybowiec przestaje „pompować".

Odczepienie od linki wyciągarkowej następuje w odległości około 100—150 m przed wyciągarką pod kątem około 60° w stosunku do wyciągarki (rys. 50). Ponieważ z szybowca posiadają-

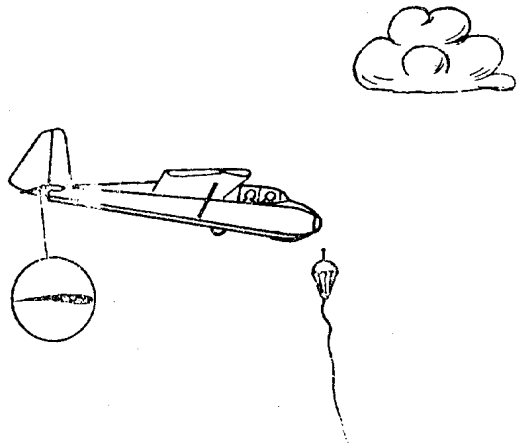


Rys. 50. Porównanie startu przy pomocy zaczepu dolnego i przedniego

cego kabinę wyciągarka w tym położeniu jest niewidoczna, pilot może stosować różne sposoby oceny miejsca odczepienia. Przed zbliżaniem się do miejsca odczepienia kąt wznoszenia zaczyna maleć samoczynnie, a ściąganie drążka na siebie nie przynosi żadnych wyników, jedynie prędkość zaczyna wzrastać. Są to sygnały zbliżania się do wyciągarki. Również wariometr sygnalizuje o zbliżaniu się do miejsca odczepienia. Wartość wznoszenia wynosząca 5—10 m/sek zaczyna maleć w pobliżu wyciągarki, a to z powodu kierunku działania siły ciągu, która wraz z siłą przyciągania ziemskiego zaczyna przewyższać wielkość siły nośnej.

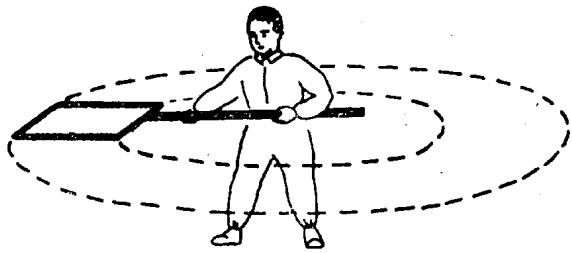
Odczepienie linki wyciągarkowej odbywa się w ten sposób, że przed pociągnięciem za gałkę zaczepu należy szybowiec doprowadzić do lotu poziomego przez zmniejszenie kąta natarcia (drążek od siebie; rys. 51). Za gałkę zaczepu należy pociągnąć po-

wtórnie w celu upewnienia się o odczepieniu linki wyciągarkowej. Moment odczepienia się linki od szybowca charakteryzuje się gwałtownym ulżeniem i wyskoczeniem szybowca nad horyzont tak, jak by z szybowca spadł pewien ciężar. O odczepieniu się



Rys. 51. Odczepienie linki wyciągarkowej poprzedza przejście na mały kąt natarcia

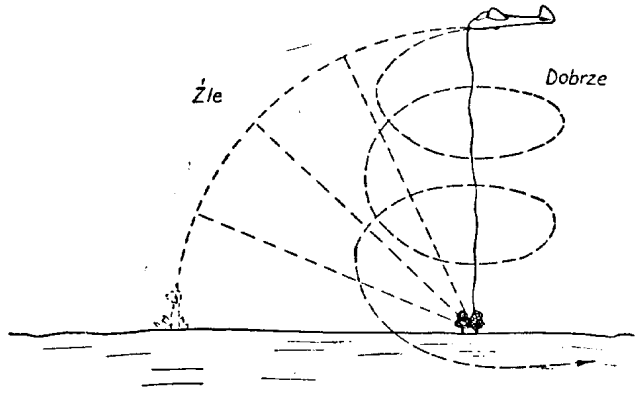
linki wyciągarkowej upewniamy się przez spojrzenie na sygnalizatora, który w przypadku nieodczepienia się linki zatacza tarczą kręgi wkoło siebie (rys. 52). Podobny sygnał dawany jest z wy-



Rys. 52. Linka nie odczepiona!

ciągarki lub wystrzeliwane są rakiety świetlne. O ile po ponownej próbie odczepienia linki nadawane są z ziemi w dalszym ciągu te same sygnały, należy przygotować się na lądowanie z linką, przy czym przy manewrowaniu do lądowania omija się przeszkody terenowe, a szczególnie linie telefoniczne i elek-

tryczne. Jeżeli linka zaczepiła o jakąś przeszkodę, pilot powinien krążyć na otwartych hamulcach nad miejscem przypuszczalnego zaczepienia i w pobliżu niego wylądować (rys. 53). Ciężar liny



Rys. 53. Zaciął się zaczep...

wymaga zwiększenia prędkości lotu o 10 km/h. Wysokość osiągana przy starcie z wyciągarki w największym stopniu uzależniona jest od siły wiatru czołowego. Im wiatr jest silniejszy, tym większą można uzyskać wysokość.

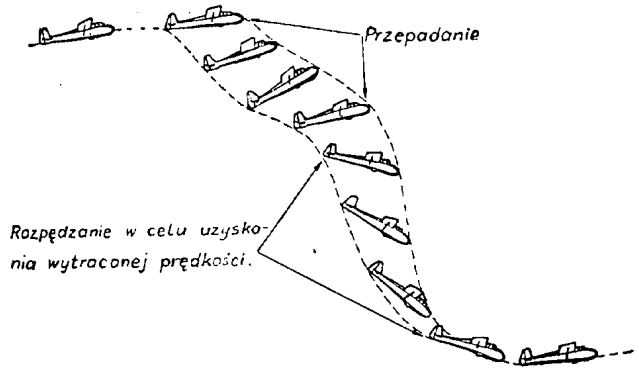
B. LOT ŚLIZGOWY

Lotem ślizgowym nazywamy lot, podczas którego szybowiec opada, tracąc wysokość względem ziemi, w odróżnieniu od lotu żaglowego, w którym szybowiec nie traci wysokości. Od tych określeń pochodzą nazwy szkół szybowcowych, np. w szkole szybowcowej ślizgowej — uczniowie uczą się latać na szybowcach, wykonując loty ślizgowe, natomiast w szkołach szybowcowych żaglowych — wyszkoleni już piloci uczą się żaglować, czyli przebywać w powietrzu dłużej niż szybowiec wykonujący lot ślizgowy.

Utrzymanie stałej prędkości lotu i — co się z tym łączy — stałego kąta lotu ślizgowego określa się z kabiny szybowca przez obserwację maski szybowca lub kąta skrzydeł w stosunku do linii horyzontu. Pamiętać należy, że linia horyzontu dla każdej

wysokości osiąganej przez szybowce znajduje się zawsze na równej wysokości z szybowcem. Utrzymywanie prędkości lotu powinno się opierać w zasadzie na obserwacji wzrokowej położenia szybowca względem horyzontu. Mając w szybowcu prędkościomierz, można posługiwać się nim tylko dla kontroli prawidłowego położenia podłużnego. Również utrzymywanie prędkości przy pomocy słuchu (jednostajny szum) lub wskazań wariometru może mieć tylko charakter pomocniczy. Przy pogodzie burzliwej posługiwanie się prędkościomierzem, wariometrem lub słuchem często zawodzi, ponieważ dochodzą tu prędkości składowe od pionowych prądów powietrza.

Prędkość lotu utrzymujemy w następujący sposób:

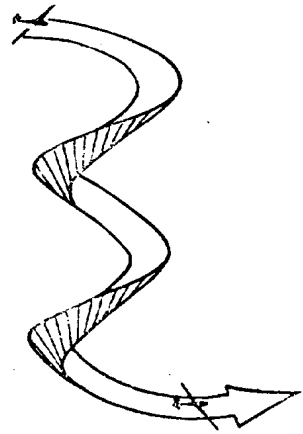


Rys. 54. Statyczne przeciągnięcie szybowca

Chcąc zwiększyć prędkość oddajemy drążek od siebie i, w momencie kiedy szybowiec wykonuje pochylenie do przodu, cofamy wychylenie drążka o połowę wielkości ruchu początkowego — zapobiegając w ten sposób zbytecznemu rozpędzeniu. Jeżeli natomiast chcemy zmniejszyć prędkość lotu, ściągamy delikatnie drążek na siebie i z chwilą gdy przód szybowca zacznie zadzierać w górę, oddajemy drążek do przodu o połowę wielkości ruchu poprzedniego. Są to tak zwane ruchy podwójne sterami. Utrzymywanie prędkości lotu w sposób podany wyżej umożliwi wykonanie lotu ślizgowego na pewnym stałym kącie szybowania bez względu na zaburzenia powietrza. Szybka i prawidłowa reakcja sterem wysokości, uwzględniająca podwójne ruchy drążkiem

i oparta na wzrokowej ocenie położenia szybowca względem horyzontu, daje gwarancję prawidłowej prędkości lotu.

Co będzie się działo z szybowcem, jeżeli zaczniemy ściągać drążek na siebie? Otóż po utracie prędkości i przekroczeniu kąta zerwania strug, szybowiec zwali się bezwładnie na „łeb". Będzie to tak zwane przeciągnięcie statyczne (rys. 54). O ile to samo uczynimy, ściągając gwałtownie drążek na siebie, szybowiec wykona również przeciągnięcie, tym razem dynamiczne, ponieważ wprowadzenie nastąpiło dynamicznie. Po przeciągnięciu szybowiec zwala się do przodu i po nabraniu odpowiedniej prędkości, przy drążku w dalszym ciągu ściągniętym, przejdzie ponownie na duże kąty natarcia do ponownego przeciągnięcia.



Rys. 55. Korkociąg

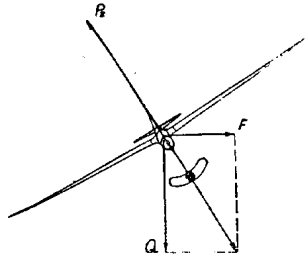
Jeżeli w trakcie przeciągnięcia wychylimy ster kierunkowy np. w lewą stronę, wówczas szybowiec zacznie wykonywać przeciągnięcie z obrotem w stronę lewą, co zapoczątkuje korkociąg w lewo. Jeżeli natomiast w trakcie przeciągnięcia wychylimy ster kierunkowy w prawo, szybowiec zacznie wykonywać korkociąg w prawo (rys. 55). Wyprowadzenie z korkociągu następuje przez wychylenie steru kierunkowego w stronę przeciwną do kierunku obrotu i doprowadzenie szybowca na małe kąty natarcia (ruch drążkiem od siebie), następnie zaś po zaprzestaniu ruchu obrotowego doprowadzamy szybowiec do lotu poziomego.

Utrzymywanie kierunku lotu odbywa się przez wykonywanie skoordynowanych ruchów sterem kierunkowym i lotkami. Szybowiec wytrącony z lotu prostego skutkiem zwisu lub burzliwości powietrza doprowadza się do poprzedniego położenia wychyleniem obu sterów naraz.

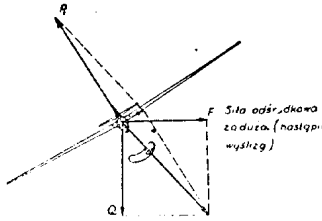
C. ZAKRĘTY

Chcąc wprowadzić szybowiec w zakręt, należy drążek sterowy wychylić w stronę zamierzonego zakrętu i jednocześnie w tym

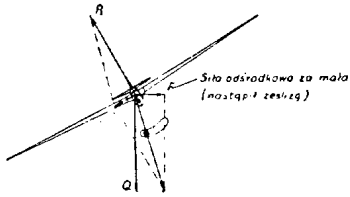
samym kierunku wychylić ster kierunkowy. Rozkład sił w prawidłowym zakręcie przedstawia rys. 56. Jeżeli do tego celu użyjemy wyłącznie steru kierunkowego, osiągniemy wprawdzie pewien efekt, lecz równocześnie wywołamy zachwianie równowagi sił w zakręcie, co powoduje wyślizg szybowca na zewnątrz zakrętu (rys. 57). Sytuacji tej możemy uniknąć przez przechylenie szybowca w stronę zamierzonego zakrętu, używając w tym celu lotek (siłę odśrodkową równoważymy siłą dośrodkową). Jeżeli natomiast będziemy chcieli wykonać zakręt przy użyciu samych tylko lotek, wówczas zakręt będzie z ześlizgiem (rys. 58). Prawidłowy rozkład sił w zakręcie widoczny jest na przykładzie podanym na rys. 56 i 59.



Rys. 56. Prawidłowy zakręt — kulka w środku



Rys. 57. Wyślizg



Rys. 58. Ześlizg

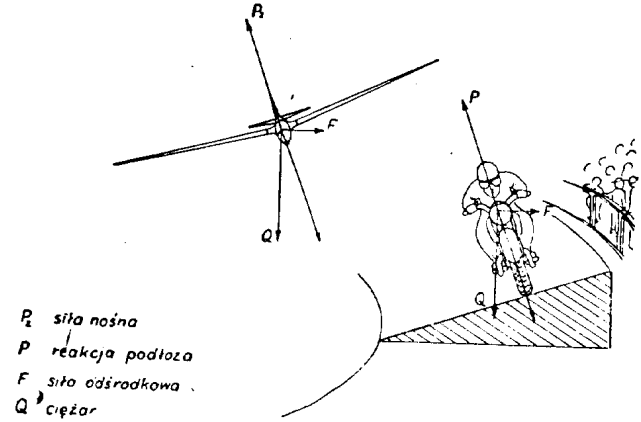
Prawidłowo wykonany zakręt należy do najtrudniejszych figur pilotażu. Najlepszą kontrolę prawidłowego wykonywania zakrętu daje chyłomierz poprzeczny, którego kulka powinna stale znajdować się w położeniu środkowym. Kulkę naprowadzamy do położenia środkowego, pamiętając o dwóch zasadach:

I. kulka „kopnięta ucieka od nogi" (rys. 60),

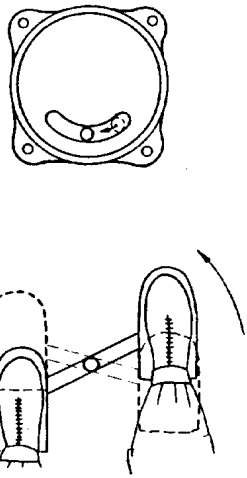
II. kulka „idzie za ręką" (rys. 61).

Zastosowanie praktyczne tych dwóch zasad jest bardzo proste. Np. w zakręcie w prawo kulka ucieka w prawo, wówczas, o ile chcemy zachować to samo przechylenie — wychylamy ster kierunkowy i kulka „kopnięta nogą" wraca na swoje położenie. Jeżeli natomiast w tej samej sytuacji (prawy zakręt, kulka ucieka w prawo) chcemy zmniejszyć przechylenie, wówczas wy-

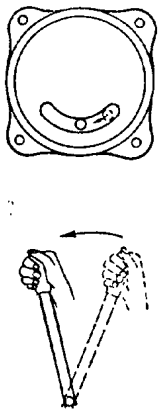
chylamy drążek w lewo i kulka „idąc za rękę" wraca na swoje prawidłowe położenie.



Rys. 59. Rozkład sił w zakręcie



Rys. 60. „Kulka ucieka do nogi"

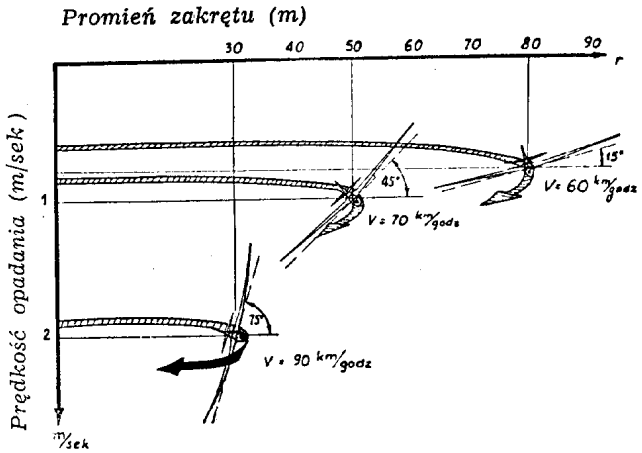


Rys. 61. „Kulka idzie za ręką"

Wprowadzenie szybowca do zakrętu wymaga uprzednio zwiększenia prędkości lotu. Tłumaczy to się tym, że na pokonanie siły odśrodkowej szybowiec traci część siły nośnej, a chcąc

zwiększyć siłę nośną należy zwiększyć prędkość. Wykonywanie zakrętu bez zwiększenia prędkości lotu może doprowadzić do zwalenia się w korkociąg. Promień zakrętu zależy od przechylenia szybowca (rys. 62).

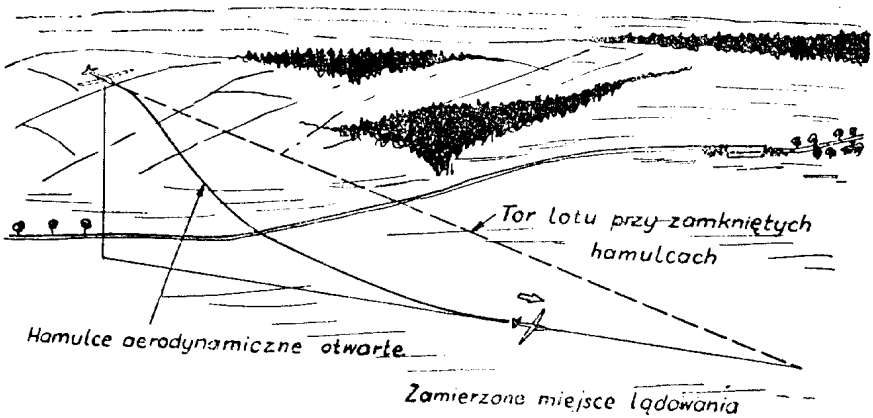
Szybowiec wprowadzony do zakrętu zgranym ruchem lotek i steru wysokości będzie przechylał się tak długo, dopóki nie wycofamy wychylenia lotek i częściowo steru kierunkowego. W ustalonym zakręcie, zwłaszcza w krążeniu na szybowcach o dużej rozpiętości, w celu zachowania tego samego przechylenia należy nawet podtrzymywać szybowiec lotkami (kontrować), by przeciwdziałać jego tendencji do dalszego pogłębiania zakrętu.



Rys. 62. Zmniejszenie promienia zakrętu wpływa na zwiększenie przechylenia, prędkości lotu i prędkości opadania

Utrzymywanie prędkości w zakręcie wygląda w ten sposób, że przed zakrętem zwiększamy prędkość, a w zakręcie kontrując lotkami ściągamy trochę drążek, na tyle, aby szybowiec nie miał tendencji do rozpędzania się. Natomiast przy wyprowadzaniu z zakrętu lub przekładaniu szybowca z jednego zakrętu w drugi należy drążek cokolwiek od siebie oddać. Ruchy te wykonujemy obserwując stale położenie szybowca względem horyzontu. Nie wolno przyglądać się swoim ruchom w kabinie, a zaglądanie do niej należy ograniczać do spojrzenia na kulkę chyłomierza poprzecznego i na prędkościomierz.

W nauce pilotażu szybowcowego najwięcej lotów poświęca się na naukę lądowania, czyli delikatnego posadzenia szybowca na ziemi. Wymaga ono wykonania manewru do lądowania z takim obliczeniem, aby przyziemianie szybowca nastąpiło w pobliżu znaku do lądowania. Zachodzi tu duża różnica pomiędzy samolotem a szybowcem, ponieważ samolot w razie złego obliczenia przy lądowaniu może dodać gazu i poprawić lub powtórzyć manewr, natomiast szybowiec w każdym locie tylko raz wykonuje manewr do lądowania. Dlatego do lądowania należy podchodzić z pewną rezerwą wysokości i przy skraju lotniska wytracić ją



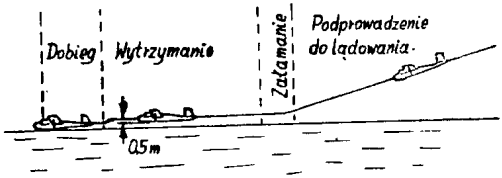
Rys. 63. Zastosowanie hamulców aerodynamicznych przy lądowaniu

za pomocą hamulców aerodynamicznych (rys. 63). Ostatniego zakrętu nie wolno wykonywać poniżej 50 m nad ziemią.

Przy silnym wietrze manewr do lądowania przeprowadzać należy z większej wysokości niż przy pogodzie bezwietrznej.

Podchodzenie do lądowania odbywa się na prędkości optymalnej lub zwiększonej o 10 km/h. Obserwację należy skoncentrować na miejsce zamierzonego lądowania i kierować tam szybowiec. Na wysokości kilkunastu metrów następuje pewne złagodzenie kąta szybowania. Szybowiec w miarę zbliżania się do ziemi należy łagodnym i płynnym ruchem drążka na siebie podpro-

wadzić nisko — do wysokości około pół metra ponad teren lądowania i przyjąć taki kąt natarcia, aby przeszedł do lotu równoległego do ziemi. Jest to tak zwane wytrzymanie, mające na celu wytracenie prędkości. Utrzymując w dalszym ciągu ten sam kąt natarcia, szybowiec zaczyna się przyziemiać i dobiegiem kończy lądowanie.

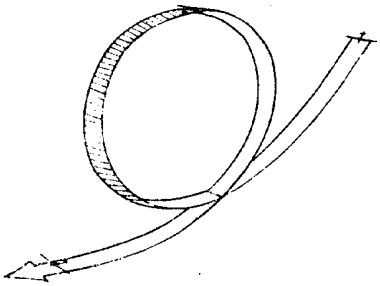


Rys. 64. Fazy lądowania

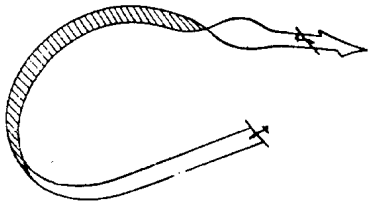
Prawidłowy profil lądowania przedstawia rys. 64. Lądowanie, podobnie jak i start, z zasady odbywa się pod wiatr, ponieważ przyziemianie następuje na prędkości mniejszej i pozwala na delikatne zetknięcie się szybowca z ziemią, poza tym dobieg szybowca znacznie się wówczas skraca.

E. FIGURY AKROBACJI

Zasadnicze figury akrobacji przedstawiają rys. 65 a, b, c, d, e, f. Tor lotu zaznaczony jest wstęgą, przy czym szybowiec ogląda-



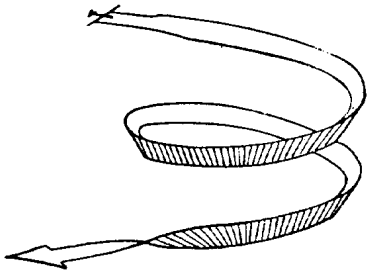
Rys. 65a. Pętla



Rys. 65b. Zawrót

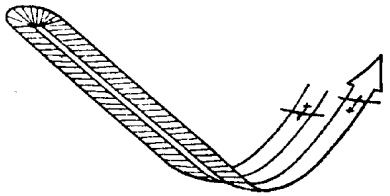
dany w czasie wykonywania figury od spodu („do góry nogami") ma wstęgę zakreskowaną.

Odróżniamy akrobację podstawową i pełną. Figury akrobacji podstawowej: korkociąg, pętla, spirala i przewrót. Pozostałe figury zaliczane są do pełnej akrobacji.

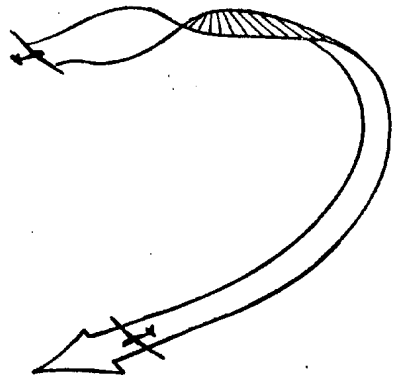


Rys. 65c. Spirala

Rys. 65d. Beczka



Rys. 65e. Przewrót



Rys. 65f. Wywrót

Literatura pomocnicza:

Wł. Nowakowski — „Podstawowe wiadomości z teorii lotu".
St. Tomaszewski — „Zasady lotu".
E. Adamski — „Technika pilotażu szybowcowego".

ROZDZIAŁ III

SPRZĘT SZYBOWCOWY I POMOCNICZY

BUDOWA I UŻYTKOWANIE SZYBOWCÓW

A. MATERIAŁY LOTNICZE

Do budowy szybowców przede wszystkim używane są: drewno, stal i dural. Dawniej wszystkie szybowce były konstrukcji drewnianej, dziś coraz częściej można spotkać szybowce z duralu. Drobne elementy szybowca, jak okucia, dźwigienki itp., wykonane są zazwyczaj ze stali (spawane) lub stopów lekkich (nitowane lub odlewane). Kadłub kryty jest zwykle sklejką. Powierzchnie nośne pokrywa się płótnem, część zaś przednią skrzydeł i stateczniki — sklejką. Całość konstrukcji jest lakierowana, pokrycie płócienne pociągnięte jest cellonem.

Każdy materiał używany w lotnictwie musi odpowiadać wysokim wymaganiom stawianym materiałom lotniczym i musi być sprawdzony przez powołanych do tego fachowców. Materiałów nie sprawdzonych używać w lotnictwie nie wolno.

Podstawowym materiałem do budowy szybowców jest sosna. Sosna lotnicza musi być sucha, nie może mieć żadnych wad (pęknięć, sęków, żywicy, sinicy itp.) oraz musi mieć słoje proste i gęste (około 5 na 1 cm). Listwa z sosny lotniczej o przekroju 1×1 cm musi wytrzymać rozciąganie siłą 900 kG. Czasem zamiast sosny używany jest świerk. Jest on nieco lżejszy od sosny, lecz słabszy. Na płozy stosuje się jesion.

Przednie części skrzydeł (zwane kesonami) oraz kadłuby kryje się sklejką lotniczą — brzozową lub bukową. Sklejka lotnicza produkowana jest w grubościach: 0,8; 1; 1,5; 2; 2,5; 3 i więcej mm. Niektóre części szybowca, wymagające szczególnej wytrzymałości wykonuje się z tzw. drewna ulepszonego. Jest to sklejka o grubości 10 do 20 mm, składająca się z bardzo cienkich warstw. Sklejka jest bardziej wytrzymała od drewna, gdyż słoje w sąsiednich warstwach biegną pod kątem prostym.

Okucia, dźwigienki, sworznie, śruby itp. przeważnie wykonuje się ze stali. Wytrzymałość drutu stalowego o przekroju 1 mm^2 wynosi 100—200 kG. Wymienione elementy mogą być również wykonane z duralu. Jest on 3-krotnie lżejszy od stali, lecz również 3-krotnie słabszy. W szybowcach metalowych dural używany jest na dźwigary, żebra, wręgi oraz pokrycie skrzydeł i kadłuba. Niektóre mało obciążone części szybowca są wykonane z tworzyw sztucznych. Do tworzyw sztucznych zaliczamy też szkło organiczne — zwane potocznie z obca plexi. Płótno stosowane w lotnictwie to płótno bawełniane, którego pasek o szerokości 1 cm wytrzymuje obciążenie 7 kG. Do klejenia drewna używa się kleje lotnicze; klej kazeinowy (Certus) lub mocznikowy (np. AG). Do przyklejania płótna — klej kolodionowy (np. AK-20). Certus jest to proszek, który rozrabia się w zimnej wodzie. Trzeba pamiętać, że po 3—4 miesiącach od wyprodukowania zaczyna tracić wartość. Należy przechowywać go w szczelnej puszce. Rozrobiony ma dobre własności klejenia tylko przez 4—6 godzin. Aby sklejenie (np. listew sklejki) było mocne — ścinamy klejone części na skos na odcinku 12 razy dłuższym niż grubość części: uzyskujemy przez to większą powierzchnię klejenia. Powierzchnie klejone powinny być szorstkie (nadrapane pilnikiem), by lepiej trzymał się klej. Trzeba uważać, by nie zatłuścić ich palcami, gdyż klej w zatłuszczonym miejscu nie chwyci.

Do napinania płóciennego pokrycia skrzydeł i sterów służy cellon. Jest to roztwór podobny do bezbarwnego lakieru. Czyni on ponadto płótno nieprzepuszczalnym dla powietrza i wody.

Szybowiec jest to statek powietrzny, który kosztem opadania pokonuje opór i wytwarza siłę nośną potrzebną do lotu ślizgowego. Szybowiec nie posiada silnika.

Istnieją różne typy szybowców. Według przeznaczenia szybowce dzielimy na:

— szkolne;
— przejściowe;
— treningowe;
— treningowo-wyczynowe;
— wyczynowe;
— akrobacyjne;

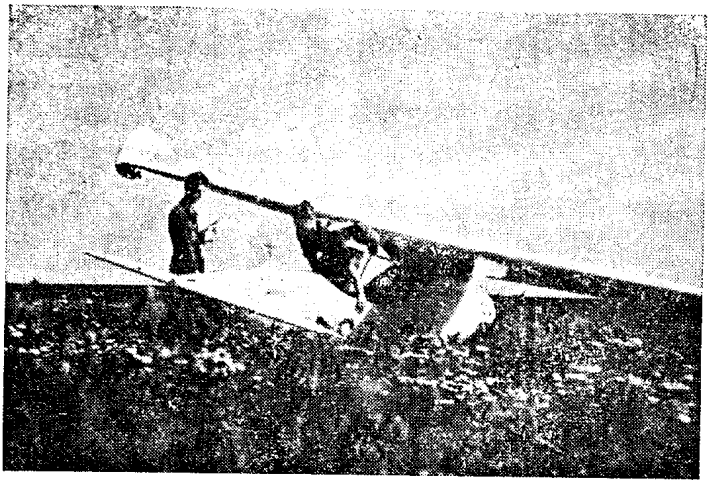
Ponadto istnieją szybowce doświadczalne, transportowe i inne. Szybowce są przeważnie jedno- lub dwumiejscowe. Prócz szy-

Rys. 66a. Szybowiec o układzie normalnym

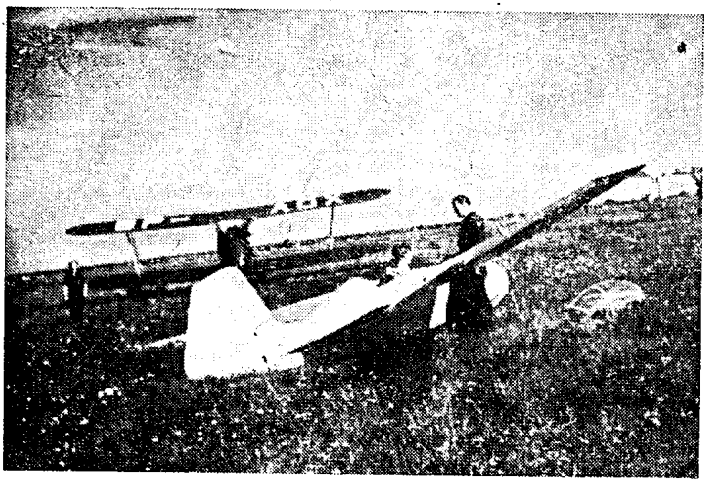
bowców lądowych istnieją również wodnoszybowce. Szybowce wyposażone w słaby silnik (15—30 KM) nazywamy motoszybowcami.

Szybowce szkolne jednomiejscowe mają kadłub kratowy lub belkowy, skrzydło prostokątne o rozpiętości 9—10 m, ciężar

około 100 kg, doskonałość 10, prędkość opadania 1,3 m/sek. Są mało czułe na stery (by wybaczać błędy pilotom początkującym). Dwumiejscowe — mają rozpiętość około 15 m, ciężar około 250 kG.



Rys. 66b. Szybowiec „Kaczka" o układzie kaczki (statecznik ze sterem wysokości przed pilotem)



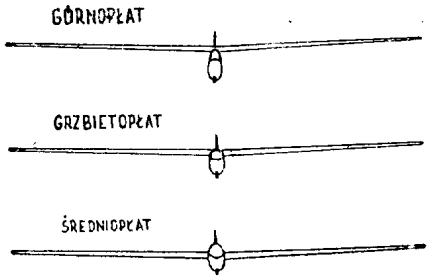
Rys. 66c. Szybowiec „Nietoperz" o układzie bezogonowca

Szybowiec przejściowy różni się od szkolnego kabinką oraz płatem dłuższym i zwężającym się ku końcom. Ma doskonałość około 15, prędkość opadania mniej niż 1 m/sek.

Szybowiec treningowy ma normalny kadłub, a nie kratownicę czy belki. Rozpiętość około 13 m, doskonałość 20, ciężar własny 160—180 kg.

Szybowce treningowo-wyczynowe mają kształty dobrze opracowane aerodynamicznie, rozpiętość około 15 m, doskonałość 24. Można na nich wykonywać loty wyczynowe.

Szybowce wyczynowe charakteryzują się dużą rozpiętością (17 m) i dużym wydłużeniem płata. Doskonałość ich sięga przeważnie 28—32, opadanie jest rzędu 0,7 m/sek.



Rys. 67. Układy skrzydeł

Szybowce akrobacyjne odznaczają się bardzo mocną konstrukcją i dużą czułością sterów.

Szybowce można podzielić również według układów. Stosowane są trzy układy: normalny (rys. 66a), kaczka (rys. 66b) i bezogonowy (rys. 66c).

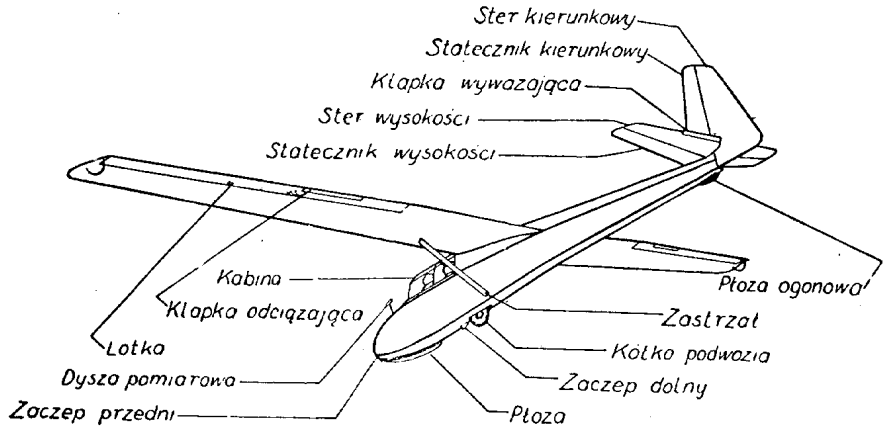
Według położenia skrzydła szybowiec może być: górnopłatem, grzbietopłatem lub średniopłatem (rys. 67).

C. BUDOWA SZYBOWCÓW

Szybowiec składa się z następujących części zasadniczych (rys. 68):

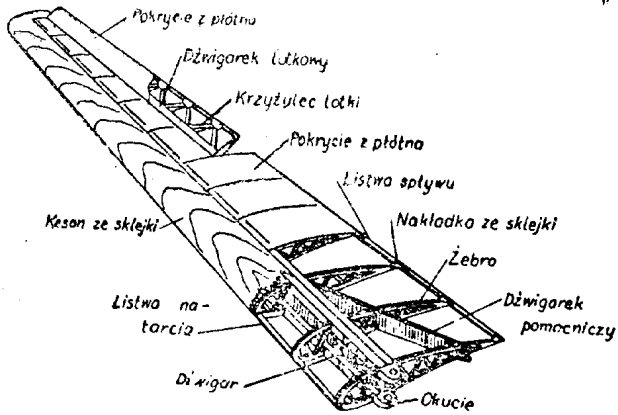
1) skrzydło — wytwarzające siłę nośną;
2) usterzenie — zapewniające stateczność i sterowność;

3) kadłub — mieszczący załogę i służący do zamocowania usterzenia. Jest on zabezpieczony przed uszkodzeniem przy starcie i lądowaniu za pomocą podwozia;



Rys. 68. Główne elementy szybowca

4) mechanizm sterowania — łączący dźwignie sterowe ze sterami, klapami itp. Mieści się on w kadłubie i skrzydłach;



Rys. 69. Konstrukcja skrzydła

5) wyposażenie szybowca — tzn. przyrządy pokładowe, aparatura tlenowa, radiostacja itp.

Od konstrukcji szybowca wymaga się, by była lekka, wytrzymała i sztywna. Stąd rozwój konstrukcji lotniczych — to walka

z ciężarem przy dążeniu do jak największej wytrzymałości i sztywności, przy niskich kosztach produkcji.

Aby rozumieć sens konstrukcji szybowca, musimy znać nie tylko przeznaczenie każdej części, lecz również wiedzieć, jakie siły działają na poszczególne części szybowca.

Skrzydło jest zginane przez siłę nośną oraz skręcane z powodu wędrówki środka parcia. Musi ono wytrzymać silne skręcanie przy nurkowaniu oraz gwałtownie wzrastającą siłę nośną przy wyrywaniu z nurkowania.

Kadłub jest zginany przez siły od usterzenia poziomego oraz skręcany siłą powstającą na usterzeniu pionowym. Musi więc być odpowiednio mocny i sztywny.

Szczególnie mocne muszą być okucia łączące skrzydła z kadłubem.

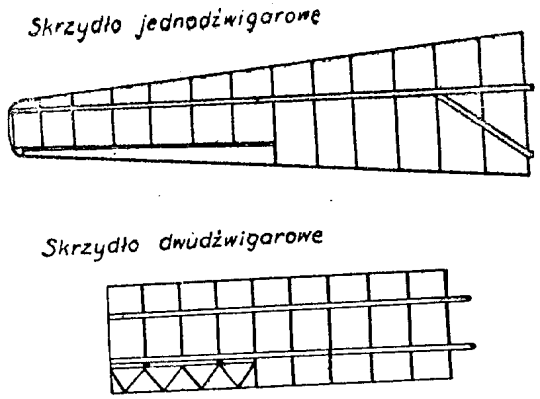
Podwozie (płoza z amortyzatorem lub kółko) muszą nie tylko unieść cały ciężar szybowca stojącego na ziemi, lecz przede wszystkim znieść uderzenie przy lądowaniu.

D. SKRZYDŁO

Skrzydło jest najważniejszą częścią szybowca, gdyż wytwarza siłę nośną. Konstrukcja skrzydła (rys. 69) jest tak pomyślana, że każda część pełni inną funkcję:

— dźwigar wytrzymuje zginanie skrzydła;

— keson opiera się skręcaniu skrzydła;



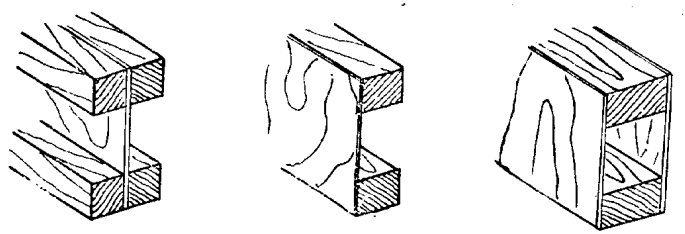
Rys. 70. Skrzydło jedno- i dwudźwigarowe

— pokrycie i żebra przenoszą na dźwigar i keson siły od nadciśnień i podciśnień działających na skrzydło;

— listwa natarcia usztywnia keson z przodu, na listwie spływu naciągnięte jest płótno pokrycia;

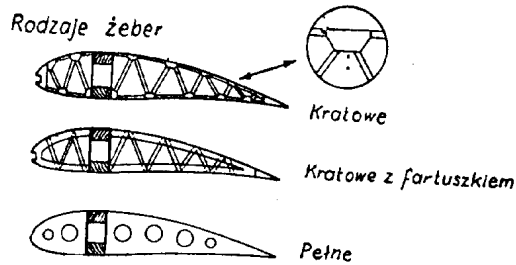
— okucia nośne wytrzymują siły działające między kadłubem i skrzydłem.

Skrzydło może być konstrukcji jednodźwigarowej (przeważnie z dźwigarkiem pomocniczym) lub dwudźwigarowe (rys. 70). W miejscu zamocowania lotki znajduje się dźwigarek lotkowy. Dźwigary mają najczęściej przekrój dwuteowy, skrzynkowy lub



Rys. 71. Rodzaje dźwigarów

ceowy (rys. 71). Dźwigar składa się z pasa górnego, dolnego, rozpórek między pasami oraz ścianki.



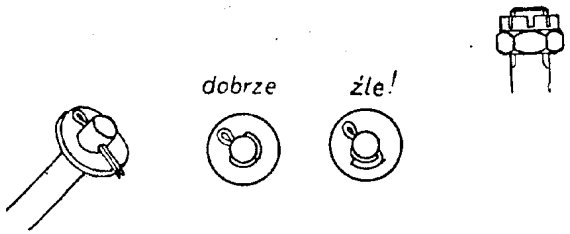
Rys. 72. Rodzaje żeber

Żebra służą do nadania pokryciu kształtu profilu lotniczego. Żebra drewniane mogą być kratowe, skrzynkowe lub pełne (rys. 72). Żebra kratowe są wykonane z cienkich listewek (np.

5×10 mm); składają się one z pasów, rozpórek i nakładek w węzłach. Żebra umocowane są do dźwigara w odległościach co 20—40 cm. Z przodu żebra zamontowana jest listwa natarcia. Dla dokładniejszego utrzymania kształtu kesonu — między żebrami daje się noski. Są to przednie części żeber sięgające aż po dźwigar.

Keson jest to przednia część skrzydła (przed dźwigarem) pokryta sklejką. Sklejka ta zwykle położona jest tak, że słoje tworzą kąt 45° z krawędzią natarcia.

Dźwigary skrzydła przymocowane są do kadłuba za pomocą okuć i czasami zastrzałów. Okucie, zwykle stalowe, jest przymocowane do dźwigara śrubami. Przez otwory okucia przekłada się sworzeń, który, przechodząc przez podobne otwory w okuciu kadłuba, łączy skrzydło z kadłubem. Aby sworzeń się nie wysunął, zabezpieczamy go za pomocą zawleczki lub agrafki. Pod zawleczkę (agrafkę) zawsze daje się podkładkę (rys. 73).



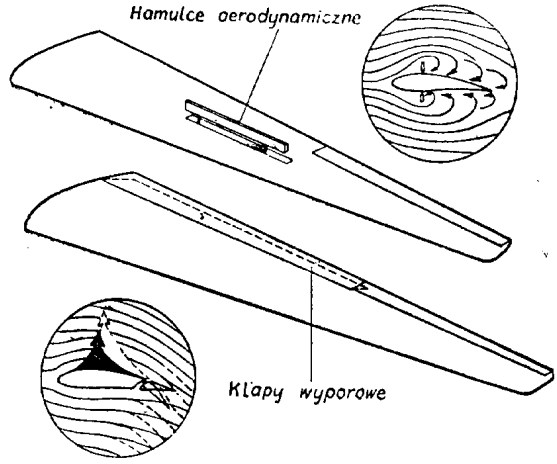
Rys. 73. Zabezpieczenie sworznia i nakrętki koronowej za pomocą zawleczki

Na skrzydle znajduje się lotka, ewentualnie klapa i hamulec aerodynamiczny — umocowany za pomocą zawiasów, które czasami mają łożyska kulkowe. W skrzydle biegną linki lub drążki służące do poruszania lotek, klap, hamulców itp.

Tylna część skrzydła, od dźwigara po listwę spływu, pokryta jest płótnem. W szybowcach akrobacyjnych i wysokowyczynowych oraz w przypadku zastosowania profilu laminarnego — stosuje się pokrycie całego skrzydła sklejką. Obecnie wprowa-

dza się do szybownictwa skrzydła konstrukcji duralowej oraz konstrukcji warstwowej (z pokryciem usztywnionym piankowym tworzywem sztucznym). Pozwalają one na zachowanie bardzo dokładnego kształtu profilu.

Na skrzydle szybowca treningowego i wyczynowego prócz lotki znajdują się jeszcze inne urządzenia, którymi pilot wpływa na lot. Są to hamulce aerodynamiczne (rys. 74), które psując opływ skrzydła zwiększają opór. Stosujemy je wówczas, gdy obawiamy się, że za daleko wypadnie nam lądować oraz do ograniczenia prędkości nurkowania. Hamulce mają postać płyty, przeważnie wysuwanej ze skrzydła. Niektórzy błędnie mówią na hamulce „klapy".



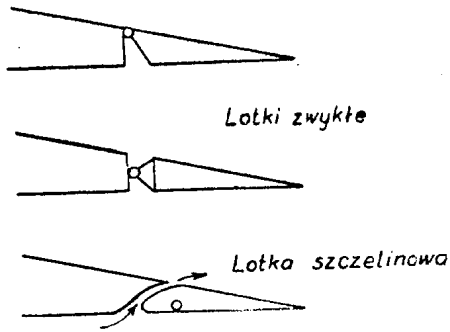
Rys. 74. Hamulce i klapy aerodynamiczne

Szybowce wyczynowe są ponadto wyposażone w klapy (rys. 74) zwiększające siłę nośną. Klapy pozwalają na lot z mniejszą prędkością, zmniejszają opadanie szybowca i pozwalają na ciaśniejsze krążenie w kominie. Klapy zwykle wyglądają jak lotki. Klapy, które wychylając się do dołu, równocześnie wysuwają się do tyłu — noszą nazwę poszerzaczy.

E. LOTKI I USTERZENIE

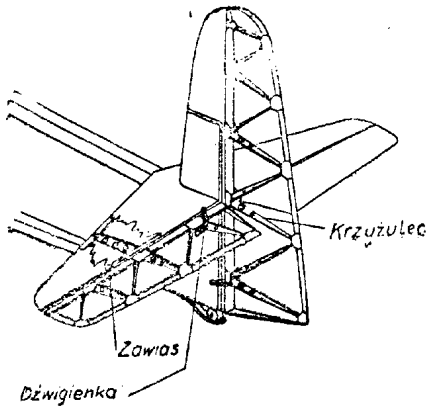
Lotki dzielimy na zwykłe i szczelinowe (rys. 75). Szczelinowe silniej działają, gdyż powietrze przedostając się od dołu przez

szczelinę poprawia opływ wzdłuż lotki. Lotki, które wychylają się silniej do góry niż do dołu, nazywamy różnicowymi. Lotki różnicowe polepszają sterowność szybowca na małych prędkościach.



Rys. 75. Rodzaje lotek

Lotka ma dźwigar, listwę spływu, skośne żeberka zwane krzyżulcami i czasem keson. Kryta jest płótnem. Do dźwigara lotki przymocowane są zawiasy oraz dźwigienki sterowe. Linki ciągnąc za dźwigienkę poruszają lotką w górę lub w dół.



Rys. 76. Budowa steru kierunkowego i steru wysokości

Czasem w dużych szybowcach — dla zmniejszenia siły potrzebnej do przechylenia drążka sterowego — stosuje się na

lotkach klapki odciążające zwane również z obca flettnerami. Są to małe lotki, które pomagają pilotowi w wychylaniu lotek — steru poprzecznego.

Usterzenie poziome (rys. 76) ma konstrukcję podobną do skrzydła i lotki. Może być ono podparte zastrzałem. Czasem część steru znajduje się przed osią zawiasów steru. Jest to tzw. wy-

Rys. 76a. Usterzenie motylkowe

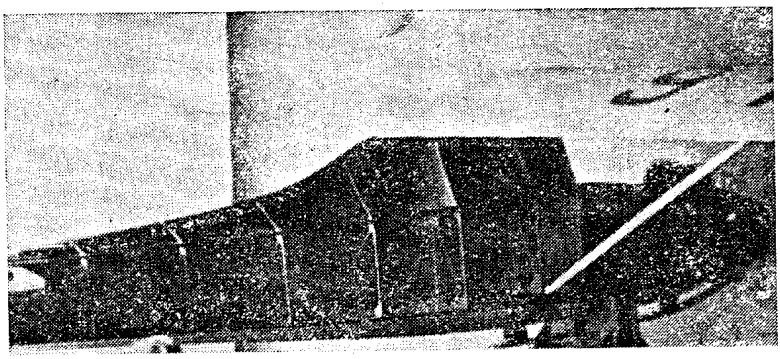
ważenie aerodynamiczne, które ma na celu zmniejszyć siłę, jaką pilot musi wywierać na urządzenia sterowe, by wychylić ster. Na niektórych szybowcach, np. dwumiejscowych, na sterze wysokości znajduje się klapka wyważająca, zwana też z obca trymerem. Kąt wychylenia jej wpływa na stateczność podłużną. Ustawiana jest w zależności od tego, czy obydwa miejsca w kabinie są zajęte, czy też tylko przednie.

W nowoczesnych szybowcach stosuje się czasem usterzenie motylkowe (rys. 76a).

Szybowce mają kadłuby kratowe, wręgowe lub półskorupowe. Kadłuby w postaci płaskiej kraty to kadłuby jednomiejscowych szybowców szkolnych. Kadłub kratowy składa się z kilku części. Część przednia zwana jest skrzynką. Do niej przymocowane są:

— zaczep startowy z linką wyczepiającą;
— orczyk i drążek (urządzenia sterowe);
— płoza z amortyzatorem sprężynowym lub olejowo-powietrznym;
— siodełko i pasy pilota.

Od tylnej części skrzynki biegnie kratownica ogonowa. Do górnej jej belki zamocowane są okucia skrzydłowe. Tylny koniec kratownicy często pokryty jest płótnem lub sklejką i służy jako statecznik pionowy. Do niego przymocowany jest ster kierunkowy. Na końcu górnej belki znajduje się usterzenie poziome.

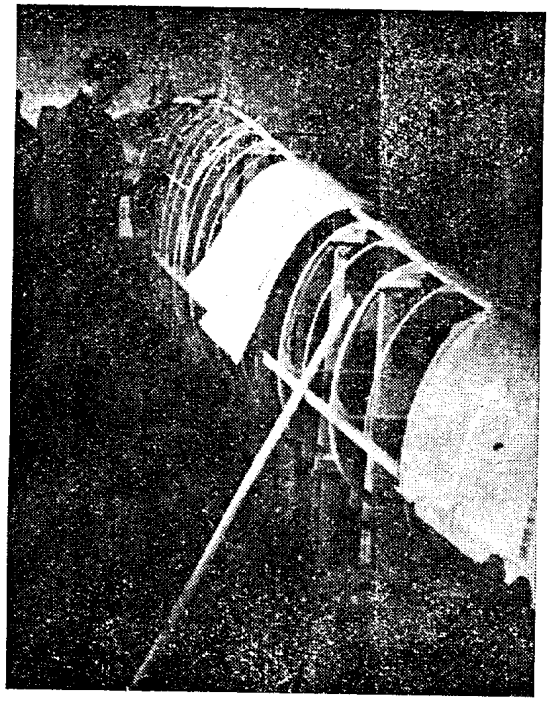


Rys. 77. Kadłub półskorupowy o przekroju wielokątnym

Ponieważ krata jest niesztywna na obciążenia boczne, musi być usztywniona linkami. Odmianą kadłuba kratowego jest zastosowanie w tylnej części kadłuba dwóch belek o przekroju skrzynkowym.

Szybowce treningowe mają przeważnie kadłuby konstrukcji półskorupowej o przekroju wielokątnym (rys. 77). Składa się ona

ze sztywnych wręg, podłużnic i cienkiego pokrycia ze sklejki. Wręgi rozstawione są w odstępach 30—40 cm. Miejsca, w których przez wręgę przechodzą podłużnice — są wzmocnione. Specjalnie silną konstrukcję mają wręgi, do których przymocowane są okucia skrzydłowe.



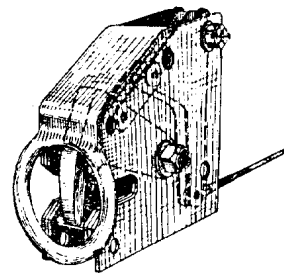
Rys. 78. Kadłub półskorupowy o przekroju owalnym

Szybowce wyczynowe zazwyczaj mają kadłuby konstrukcji półskorupowej o przekroju owalnym (rys. 78). Składa się ona z mocnego pokrycia ze sklejki, usztywnionego delikatnymi podłużnicami i wręgami, które nadają kadłubowi kształt kołowy lub eliptyczny. Jest to jak by rura z mocnej sklejki. Tylna część kadłuba skorupowego płynnie przechodzi w statecznik pionowy.

Podwozie szybowców treningowych i wyczynowych to płoza amortyzowana krążkami gumowymi lub znacznie częściej dętką.

Prócz płozy szybowce mają czasami kółko, w szybowcach wyczynowych jest ono chowane w locie.

Do kadłuba przytwierdzony jest zaczep (rys. 79), w którym mocuje się linkę przy starcie za pomocą wyciągarki lub na holu

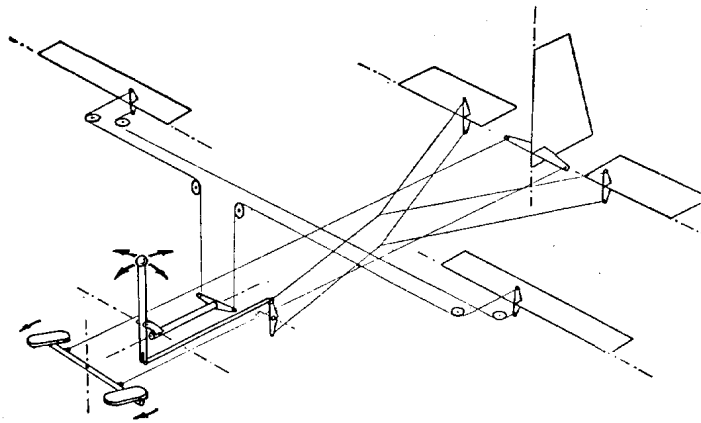


Rys. 79. Zaczep szybowcowy

za samolotem. W szybowcach szkolnych zaczep ma pierścień zabezpieczający, który powoduje samoczynne odczepienie linki, jeśli szybowiec został zbyt ostro zadarty do góry.

G. MECHANIZM STEROWANIA

Aby pilot mógł poruszać sterami, musi istnieć połączenie między sterownicą (drążkiem i orczykiem) a powierzchniami sterowymi.

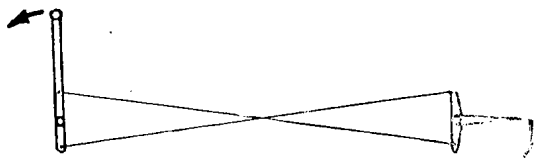


Rys. 80. Schemat mechanizmu sterowania

Wykonane jest ono z linek lub drążków. Rys. 80 przedstawia schemat mechanizmu sterowania.

Połączenie steru kierunku z orczykiem nie wymaga wyjaśnień. Przy pozostałych połączeniach łatwo jest jednak pomylić linki przy montażu, jeśli się nie zna zasad działania mechanizmu sterowania.

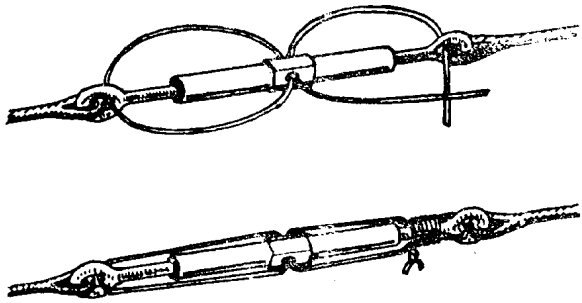
Zwróćmy uwagę na działanie steru wysokości. Wychyla się on w przeciwną stronę niż drążek. Stąd wniosek, że konieczne jest skrzyżowanie linek (rys. 81) lub zastosowanie takiego me-



Rys. 81. Napęd steru wysokości

chanizmu, który będzie „odwracał" ruchy. Przy lotkach też trzeba bardzo uważać, by prawidłowo podłączyć linki.

Układ sterowania nazywamy giętkim (miękkim), gdy połączenie sterownicy ze sterami wykonane jest z linek, sztywnym zaś, jeśli z drążków (popychaczy). Linki lotnicze składają się

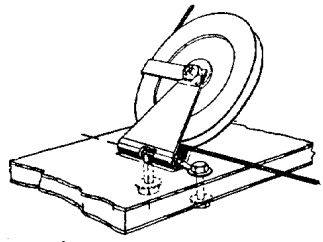


Rys. 82. Zabezpieczanie ściągacza

z sześciu żyłek nawiniętych na konopny rdzeń. Każda żyłka składa się z kilku drucików stalowych. Popychacze wykonuje się z rurek stalowych lub duralowych. W szybowcach szkolnych układ sterowania jest zwykle linkowy, w wyczynowych częściej popychaczowy. Napęd hamulców aerodynamicznych z reguły składa się z popychaczy.

Linki muszą być napięte, by nie było luzów przy ruchach sterami. Napręża się je za pomocą ściągaczy. Ściągacz (rys. 82) jest to mosiężna rurka tzw. beczułka, z wkręconymi w nią dwoma końcówkami, nagwintowanymi w przeciwne strony. Obracając beczułką powodujemy równocześnie wkręcanie lub wykręcanie się obu końcówek, do których przymocowana jest linka. Długość ściągacza będzie wtedy rosła lub malała i linka będzie napinana lub zluźniona. Ściągacz musi być zabezpieczony (rys. 82), by sam się nie rozkręcał.

Linki nie zawsze mogą biec po linii prostej. W miejscach, gdzie linka musi zmienić kierunek, dajemy krążek (rolkę) (rys. 83). Zwykle jest on otoczony kabłąkiem, który nie dopuszcza do tego, by linka z niego spadała.



Rys. 83. Krążek

Wszystkie metalowe elementy mechanizmu sterowania oraz okucia i inne części szybowca są zwykle połączone między sobą drutem w celu zabezpieczenia przed powstawaniem podczas burzy wyładowań elektrycznych między tymi częściami. Połączenia te nazywamy umasieniem. W szybowcach wyczynowych ma ono odgromienie w postaci grafitowych miotełek na końcach skrzydeł i sterów.

H. UŻYTKOWANIE SZYBOWCÓW

Prawidłowe użytkowanie szybowca zabezpiecza go przed uszkodzeniem i szybkim zniszczeniem.

Podnoszenie szybowca. Przód szybowca podnosimy za pomocą drążka, który zaczepiamy o hak do liny gumowej. Ogon chwytamy za kratę w miejscach węzłów, a w szybowcach kadłubowych za specjalny uchwyt. Nie wolno podnosić szybowca za skrzydło i usterzenie. W szczególności zaś nie można chwytać za lotki i stery.

Transport po ziemi. Po lotnisku szybowiec transportuje się ogonem do przodu, pchając za keson skrzydłowy w miejscach żeber. Gdy szybowiec znajduje się na wózku transporto-

wym — można go transportować „po skrzydle". Dopuszczalne jest również ciągnięcie szybowca po lotnisku za samochodem — na linie. Za skrzydło trzyma się od strony wiatru.

Transport koleją lub szosą. Przy transporcie kołowym szybowiec musi być zdemontowany. Szosą transportuje się szybowce w specjalnym wozie transportowym przyczepianym do samochodu. Przy transporcie koleją należy szybowiec umocować na wagonie, umieszczając kadłub i skrzydła w odpowiednich uchwytach drewnianych wyłożonych wojłokiem.

Zabezpieczenie szybowca na lotnisku. Gdy wieje wiatr, szybowiec stojący na lotnisku należy tak ustawić, by jedno skrzydło było skierowane pod wiatr. Koniec tego skrzydła musi być opuszczony na ziemię i przytrzymany. W przeciwnym wypadku wiatr podwieje skrzydło i przewróci szybowiec na plecy. Również należy unikać ustawiania szybowca przodem pod wiatr, z wyjątkiem momentu startu. Przy obracaniu szybowca, gdy wieje wiatr, należy przytrzymać ster kierunkowy, aby uchronić go od gwałtownych wychyleń.

Kotwiczenie. O ile pogoda jest ustalona, można na chwilę pozostawić szybowiec bez opieki, po zakotwiczeniu go. Szybowiec ustawiamy tak, by wiatr dmuchał nań skosem od tyłu. Koniec skrzydła od strony wiatru musi być oczywiście oparty o ziemię. Skrzydło to oraz kadłub unieruchamiamy linką, którą przywiązujemy do haków, palików lub przedmiotów stałych. Pod linkę należy podłożyć kawałek materiału, kombinezon lub pokrowiec. Stery trzeba unieruchomić (w szczególności ster kierunkowy) np. za pomocą specjalnych uchwytów z miękką podkładką.

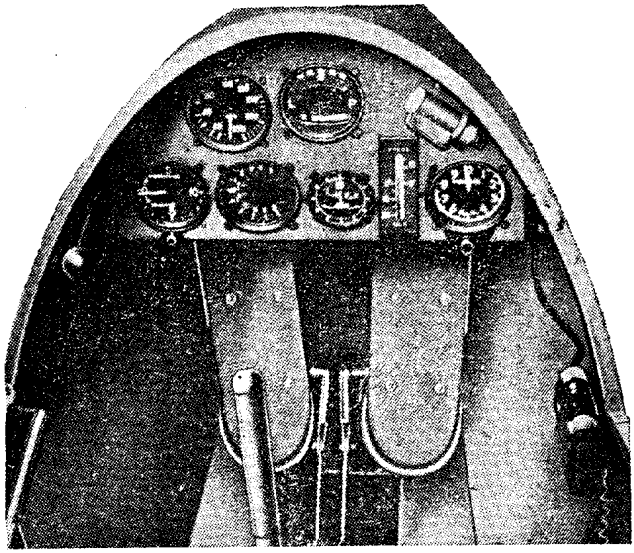
Czystość szybowca. Śmieci, brud i wilgoć są niedopuszczalne, gdyż mogą spowodować niszczenie lakieru oraz części drewnianych i metalowych. W razie zmoczenia szybowca przez deszcz trzeba szybowiec wytrzeć szmatą oraz usunąć wodę, jeśli dostała się do skrzydeł, kadłuba czy też połączeń kadłuba ze skrzydłami. W skrzydle i kadłubie znajdują się otwory odwadniające, ułatwiające spływanie wody.

Kontrola przyrządów pokładowych. Najpierw sprawdzamy, czy przewody gumowe są prawidłowo podłączone

do przyrządów. Później sprawdzamy, czy wskazówki przyrządów zajmują właściwe położenie. Następnie, lekko wysysając powietrze z dyszy, sprawdzamy, czy wskazówka przyrządu wychyla się w prawidłową stronę. Dmuchanie w rurkę pomiarową, w przypadku rurki Pitota, może spowodować rozsadzenie membrany i zepsucie prędkościomierza.

WYPOSAŻENIE SZYBOWCA

W kabinie szybowca prócz siodełka pilota wraz z pasami i miejscem na spadochron oraz sterownicy znajduje się szereg urządzeń, którymi pilot posługuje się w locie (rys. 84). Są to:



Rys. 84. Tablica przyrządów pokładowych (od lewej u góry: prędkościomierz, zakrętomierz, 2 wariometry, busola, chyłomierz podłużny, wysokościomierz)

— gałka linki zaczepu,
— dźwignia hamulców aerodynamicznych,
— rączka zamka osłony kabiny,
— tablica przyrządów pokładowych.

W szybowcach wyczynowych spotykamy jeszcze dźwigienki lub korbki wypuszczające podwozie i uruchamiające klapki wyważające, odciążające oraz dźwignie klap itp.

Zainteresujemy się przede wszystkim przyrządami pokładowymi. Szybowce treningowe wyposaża się jedynie w podstawowe przyrządy pilotażowo-nawigacyjne. Przyrządami pilotażowymi nazywamy przyrządy wskazujące pilotowi, „co się z szybowcem dzieje", czyli, z jaką leci prędkością, na jakiej wysokości i w jakiej pozycji.

Najważniejszymi przyrządami pokładowymi są:

— prędkościomierz;
— wysokościomierz;
— wariometr;
— chyłomierz poprzeczny i zakrętomierz;
— busola.

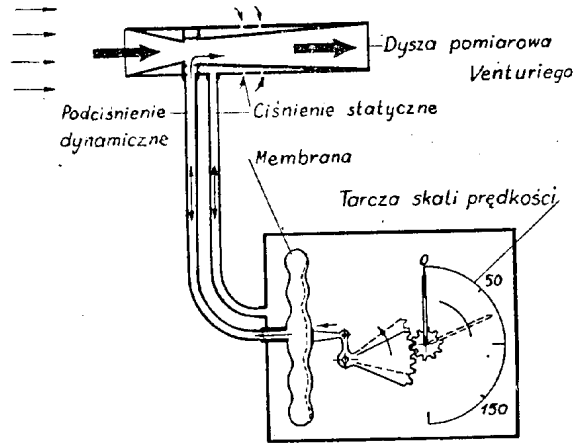
Na szybowcach wyczynowych przeznaczonych do ślepego pilotażu w chmurach stosuje się ponadto sztuczny horyzont i czasem chyłomierz podłużny.

A. Prędkościomierz. Dobry motocyklista potrafi ocenić prędkość jazdy na podstawie naporu powietrza na twarz. Na tej samej zasadzie zbudowany jest prędkościomierz. Na zewnątrz szybowca znajduje się rurka wystawiona na działanie strug powietrza. Jest ona połączona gumowym przewodem z membraną znajdującą się w obudowie prędkościomierza. Membrana jest to okrągła, płaska puszka z cienkiej blaszki.

Jak wygląda taka rurka? Jest to tzw. dysza Venturiego (rys. 85). Zwęża się ona silnie w środku. Jak wiemy z aerodynamiki zasada ciągłości mówi, że „gdzie przekrój mniejszy, tam prędkość większa", im większa zaś prędkość, tym ciśnienie mniejsze. Jeśli połączymy gumowym przewodem najwęższe miejsce dyszy z membraną prędkościomierza, to nastąpi wysysanie powietrza z membrany. Ssanie to nazywamy podciśnieniem dynamicznym. Ponieważ obudowa przyrządu, w której znajduje się membrana, jest połączona gumową rurką z powietrzem otaczającym szybowiec — a ma ono normalne ciśnienie, zwane „ciśnieniem statycznym", to membrana się skurczy (zewnątrz ciśnienie normalne, wewnątrz zmniejszone). Pociągnie wtedy ona za sobą wskazówkę, która pokaże, z jaką prędkością leci szybowiec. Im

prędkość lotu będzie większa, tym ssanie większe — więc i większe wychylenie wskazówki.

Prędkościomierze z dyszą Venturiego stosowane są przy prędkościach lotu do 300 km/h. W szybowcach akrobacyjnych i samolotach stosuje się inną rurkę pomiarową, tzw. rurkę Pitota. „Łapie" ona bezpośrednio pędzące powietrze. Powietrze zostaje wyhamowane, gdyż koniec rurki jest połączony z membraną, nie może więc przepływać przez rurkę. Jak wiemy z prawa Bernoulliego, gdy prędkość maleje, to ciśnienie rośnie. W rurce



Rys. 85. Schemat działania prędkościomierza i dyszy pomiarowej Venturiego

Pitota otrzymujemy nadciśnienie zwane „nadciśnieniem dynamicznym". Powoduje ono rozciąganie membrany.

Przy montażu prędkościomierza na szybowcu należy zwracać uwagę na to, by właściwie połączyć rurkami gumowymi końcówki dyszy z końcówkami przyrządu i nie popełniać pomyłek. Na końcówkach są znaki; (+) oznacza nadciśnienie, (—) podciśnienie, (o) ciśnienie statyczne.

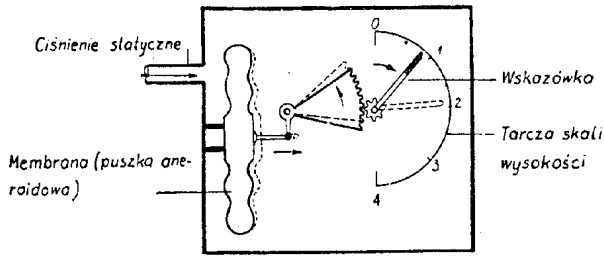
Warto zapamiętać, że na wskazania prędkościomierza ma duży wpływ położenie osi dyszy względem kierunku lotu. Nie tylko skrzywienie dyszy, lecz również lot na dużych kątach natarcia oraz ślizg powodują, że prędkościomierz ma fałszywe wskazania. Drugim czynnikiem wpływającym na wskazania jest gęstość

powietrza. Zmniejszenie się gęstości powietrza ze wzrostem wysokości powoduje, że przyrząd wskazuje nam mniejszą prędkość niż rzeczywista prędkość lotu.

A teraz najważniejsza uwaga. Prędkościomierz nie wskazuje prędkości względem ziemi, a jedynie prędkość lotu względem otaczającego nas powietrza. Jeśli będziemy lecieli pod wiatr, posiadający taką samą prędkość, co szybowiec — to względem ziemi będziemy „stali w miejscu".

Przed rozpoczęciem lotów należy sprawdzić, czy w przewodach gumowych nie ma skroplonej wody, gdyż wskazania byłyby wtedy błędne.

B. Wysokościomierz zbudowany jest na zasadzie pomiaru ciśnienia atmosferycznego (rys. 86). Jak wiemy, ciśnienie maleje z wysokością. Jeśli weźmiemy szczelnie zamkniętą puszkę,



Rys. 86. Schemat działania wysokościomierza

to ze wzrostem wysokości będzie ona pęcznieć, gdyż ciśnienie otoczenia maleje. (Podobnie jak ryba głębinowa wyciągana na powierzchnię morza.) Przyrząd, którego główną część stanowi zamknięte pudełko, nosi nazwę aneroidu. W wysokościomierzu w miarę wznoszenia się membrana pęcznieje i popycha wskazówkę przyrządu. Widzimy, że wysokościomierz to po prostu barometr odpowiednio wyskalowany. Do obudowy wysokościomierza należy doprowadzić gumową rurką ciśnienie otoczenia, czyli ciśnienie statyczne.

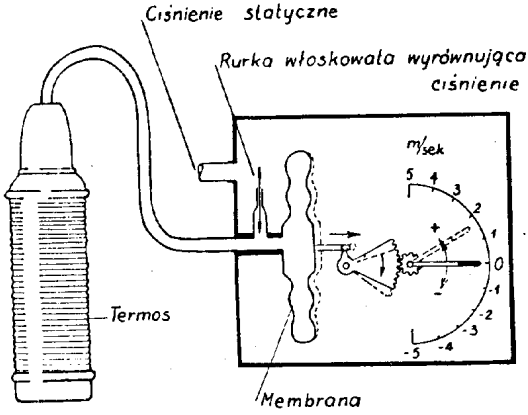
Ktoś mógłby zwrócić słusznie uwagę, że ciśnienie przy ziemi też się zmienia w zależności od pogody i rzeczywiście wskazówka wysokościomierza może się poruszać, nawet gdy szybowiec

stoi w hangarze. A co zrobić, gdy szybowiec znalazł się na innym lotnisku, które znajduje się np. 100 m niżej od poprzedniego? Co wskaże wysokościomierz?

Trzeba było więc wysokościomierz wyposażyć w śrubę, za pomocą której można wskazówkę nastawić na zero. Ponadto wysokościomierz ma okienko, przez które widać skalę ciśnienia. Jeżeli dokonujemy przelotu do miejscowości, gdzie panuje inne ciśnienie atmosferyczne czy inna jest wysokość lotniska nad poziom morza, to korzystamy ze śruby.

Należy zapamiętać, że wysokościomierz nie wskazuje wysokości, na jakiej leci szybowiec nad terenem, lecz jedynie wysokość nad poziomem lotniska, z którego wystartowaliśmy. Jeśli będziemy lecieli nad terenem górzystym, wysokościomierz aneroidowy nie powie nam, czy jesteśmy powyżej czy poniżej szczytów.

C. Wariometr jest to przyrząd wskazujący prędkość wznoszenia i prędkość opadania szybowca. Jest to najważniejszy

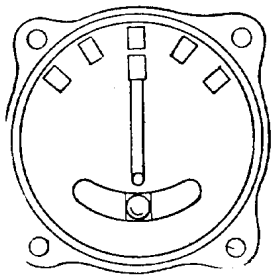


Rys. 87. Schemat działania wariometru membranowego

przyrząd dla szybownika, gdyż zawiadamia go o tym, że szybowiec wszedł w prądy wznoszące.

Wariometr jest bliskim krewnym wysokościomierza. Jest jakby „dziurawym" wysokościomierzem (rys. 87). Jego membrana po-

łączona jest z otoczeniem rurką o bardzo małym przekroju, tzw. włoskowatą. Jeśli szybowiec leci na stałej wysokości, to ciśnienie wewnątrz i zewnątrz membrany wyrównuje się dzięki rurce włoskowatej — i wskazówka pokazuje zero. Gdy zaś szybowiec zacznie się np. wznosić i ciśnienie zewnętrzne będzie malało, to ciśnienie wewnątrz membrany nie wyrówna się z nim od razu, gdyż szybkość ucieczki powietrza z membrany przez cienką rurkę jest ograniczona. Im szybciej szybowiec się wznosi tym różnica ciśnień będzie większa i tym silniej wychyli się wskazówka. Wystarczy krótka chwila lotu poziomego, a ciśnienia wyrównają się i wskazówka wróci na zero. Przy opadaniu szybowca dzieje się podobnie, z tą różnicą, że powietrze dostaje się przez rurkę do środka membrany. Obudowa przyrządu połączona jest z ciśnieniem statycznym dyszy Venturiego, by w wariometrze panowało ciśnienie powietrza otaczającego szybowiec. W celu zwiększenia czułości wariometru objętość powietrza „zamkniętego" rurką włoskowatą jest powiększona przez połączenie membrany z naczyniem zwanym termosem.



Rys. 88. Zakrętomierz wraz z chyłomierzem poprzecznym

Opisany powyżej wariometr to wariometr membranowy. Ponadto używane są w szybownictwie wariometry skrzydełkowe i słupkowe.

Chyłomierz poprzeczny, jest to mała łukowato wygięta rurka wypełniona cieczą i zawierająca kulkę. Jest on zwykle umieszczony w dolnej części tarczy zakrętomierza. Na kulkę działa siła ciężkości i siła odśrodkowa. Kulka wskazuje nam zwisy w locie prostym oraz prawidłowość wykonywania zakrętu. Korzystanie z niej omówiliśmy już przy opisie techniki wykonywania zakrętów.

Zakrętomierz (rys. 88) wskazuje nam przechylenia szybowca zarówno w locie prostym, jak i w zakręcie. Zbudowany jest na zasadzie żyroskopu. Wirnik żyroskopu napędzany jest pneumatycznie za pomocą dużej dyszy Venturiego, lub elek-

trycznie — prądem z bateryjki. Zakrętomierz pneumatyczny ulega czasem podczas lotu w chmurze, wtedy gdy jest najbardziej potrzebny, oblodzeniu i przestaje działać. Elektryczny jest znacznie pewniejszy.

Busola. Zastosowanie busoli do nawigacji nie wymaga chyba wyjaśnień. Igła busoli lotniczej wraz z przymocowaną do niej skalą zanurzona jest w płynie, aby zmniejszyć drgania igły podczas lotu szybowca. Busola wskazuje kurs magnetyczny, który różni się od kursu geograficznego o poprawkę zwaną deklinacją.

W lotach bez widoczności stosuje się przyrząd żyroskopowy zwany sztucznym horyzontem. Można go spotkać na szybowcach wyczynowych. Do lotów wyczynowych w szczególności zaś na wysokość używa się barografu. Jest to przyrząd samopiszący, kreślący krzywą przedstawiającą wysokości, na jakich znajdował się szybowiec. Pozwala on przeto na zarejestrowanie największej wysokości osiągniętej przez szybowiec.

Przy przekroczeniu wysokości 4000 m należy korzystać z aparatu tlenowego, w który wyposaża się szybowce wyczynowe. W przeciwnym wypadku grozi nam tzw. głód tlenowy. Loty powyżej 10 000 m wymagają kabiny ciśnieniowej (tzn. hermetycznej). Powyżej tej wysokości organizmowi człowieka grozi rozsadzenie z powodu małego ciśnienia otoczenia.

Szybowce dostosowane do lotów nocnych posiadają światła pozycyjne na końcach skrzydeł (lewe — czerwone, prawe — zielone) i na usterzeniu kierunkowym (białe).

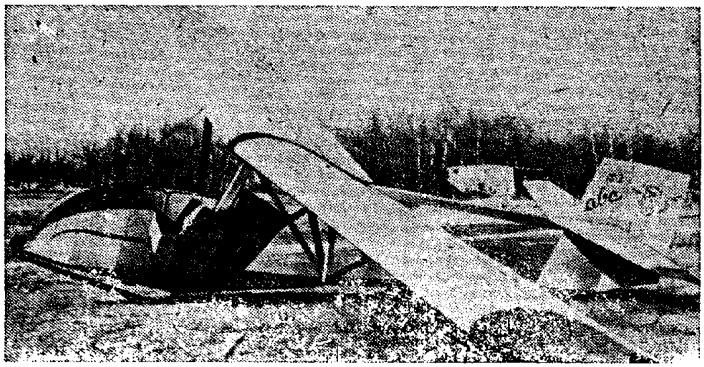
TYPY POLSKICH SZYBOWCÓW

Jesteśmy krajem znanym na świecie z szybownictwa. Polskie szybowce używa się nie tylko u nas, eksportuje się je do wielu krajów europejskich i pozaeuropejskich.

Szybowiec szkolny IS-3 „ABC" (rys. 89). Powstał w 1947 r. w Instytucie Szybownictwa w Bielsku. Od dziesięciu lat produkowany był w kraju, w kilku kolejnych wersjach.

Obecnie budują go z licencji również Chiny. Ostatnie wersje noszą nazwę „ABC-ter" i „ABC-A".

Jest to szybowiec jednomiejscowy, drewnianej konstrukcji, górnopłat zastrzałowy (po 2 zastrzały z każdej strony) usztywniony linkami. Skrzydło prostokątne dwudźwigarowe z niewielkim kesonem. Profil samostateczny. Kadłub kratowy trzyczęściowy: skrzynka, kozioł (do którego zamocowane są płaty) oraz belki ogonowe (usztywnione stalowym drutem i linkami). Szy-



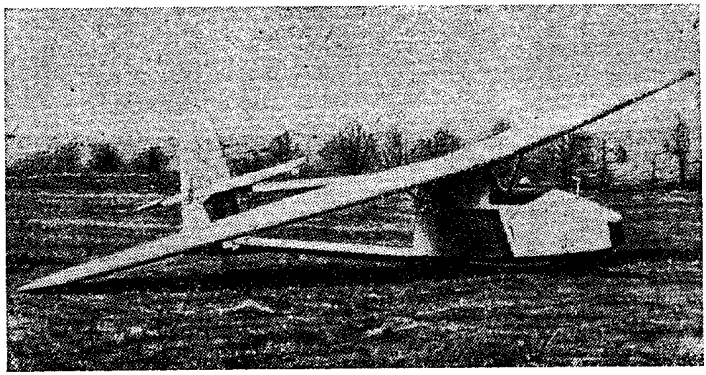
Rys. 89. Szybowiec szkolny jednomiejscowy typu „ABC"

bowiec wyposażony jest w hak do startu z liny gumowej oraz w dwa zaczepy: przedni i dolny — przymocowane do skrzynki. Płoza podparta jest olejowo-sprężynowym amortyzatorem. Na przodzie i tyle kadłuba znajdują się uchwyty do podwieszania ciężarków, przeznaczonych do wyważania szybowca (jeśli pilot nie ma przepisowego ciężaru). Do transportu po lotnisku służy kółko składane na czas lotu, z boku skrzynki. Pasy pilota zaopatrzone są w bezpieczniki zrywowe. Na przednią część kadłuba może być nakładana kabinka. Układ sterowania giętki — za pomocą linek.

Rozpiętość	— 9 m
Długość	— 6,0 m
Wysokość	— 1,95 m
Powierzchnia nośna	— 13,5 m^2
Wydłużenie	— 6

Ciężar własny	— 105 kG
Ciężar całkowity	— 185 kG
Doskonałość	— 9,2
Minimalna prędkość opadania	— 1,5 m/sek
Prędkość przy maksymalnej doskonałości	— 53 km/h
Prędkość maksymalna za wyciągarką	— 95 km/h
Prędkość minimalna	— 45 km/h

Szybowiec przejściowy „SALAMANDRA" (rys. 90). Używany od 1936 r., przekonstruowany w 1948 r. Produkowany w Polsce i za granicą (np. w Jugosławii, Kanadzie), „Salamandra" jest jednomiejscowym górnopłatem zastrzałowym, konstrukcji drewnianej. Skrzydło jednodźwigarowe z dźwigarkiem pomoc-



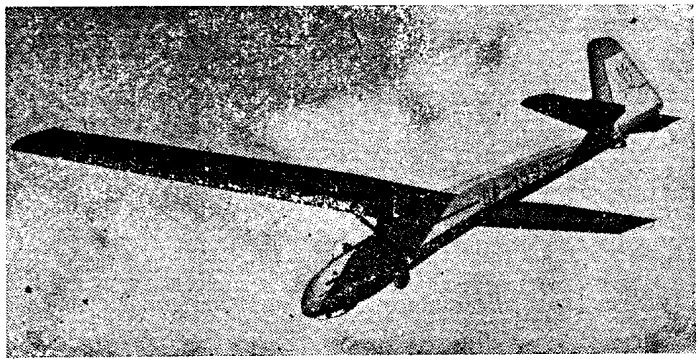
Rys. 90. Szybowiec przejściowy typu „Salamandra"

niczym oraz dużym kesonem, wyposażone w hamulce aerodynamiczne. Przód kadłuba tworzy wręgowa kabinka ze sklejki o sześciokątnym przekroju. Przez nos kabinki przechodzi stalowa rurka — jest to uchwyt do unoszenia szybowca. Tył kadłuba stanowią dwie skrzynkowe belki ogonowe, usztywnione drutami i linkami. Kabina wyposażona jest w prędkościomierz, wysokościomierz i wariometr. Ster wysokości ma wyważenie aerodynamiczne.

Rozpiętość	— 12,50 m
Długość	— 6,50 m

Wysokość	— 1,95 m
Powierzchnia nośna	— 16,9 m²
Ciężar własny	— 130 kG
Ciężar całkowity	— 215 kG
Doskonałość	— 15
Minimalna prędkość opadania	— 0,85 m/sek
Prędkość przy maksymalnej doskonałości	— 56 km/h
Prędkość minimalna	— 40 km/h
Prędkość maksymalna za wyciągarką	— 80 km/h

Dwumiejscowy szybowiec szkolny SZD-10 bis „CZAPLA" (rys. 91). Skonstruowany został w 1953 r. Jest zastrzałowym grzbietopłatem drewnianej konstrukcji ze skrzy-



Rys. 91. Szybowiec szkolny dwumiejscowy typu „Czapla"

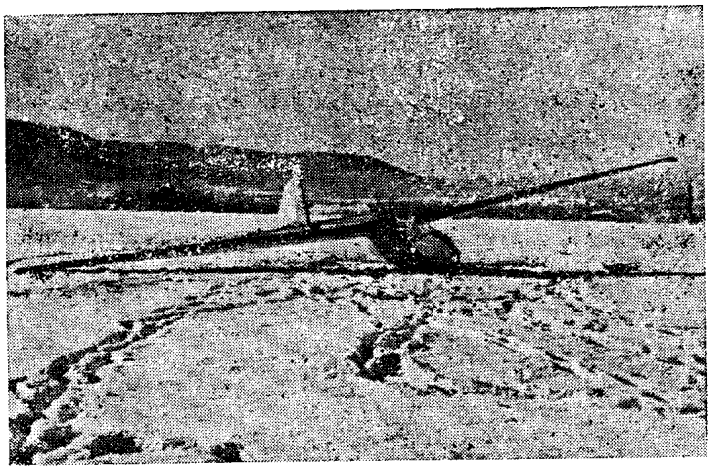
dłem wysuniętym w skos do przodu, co zapewnia drugiemu pilotowi dobrą widoczność. Skrzydło jednodźwigarowe z dźwigarkiem pomocniczym wyposażone jest w hamulce. Na lotkach klapki odciążające. Kadłub wręgowy o przekroju wielobocznym. Lewa ścianka kabiny otwiera się celem ułatwienia wsiadania. W przedniej kabinie można regulować położenie pedałów, w tylnej siodełko przesuwane. Kabina wyposażona jest w prędkościomierz, wysokościomierz, wariometr, zakrętomierz, busolę i wskaźnik wyczepienia linki.

Z lewej strony pilota znajduje się dźwignia hamulców aerodynamicznych (włączająca również hamulec kółka podwozia),

rączka zwalniająca zaczep oraz rączka regulująca położenie klapki wyważającej na sterze wysokości.

Rozpiętość	— 16,0 m
Długość	— 8,37 m
Wysokość	— 1,98 m
Powierzchnia nośna	— 24,0 m^2
Ciężar własny	— 280 kG
Ciężar całkowity	— 440 kG
Doskonałość	— 17
Minimalna prędkość opadania	— 1 m/sek
Prędkość przy maksymalnej doskonałości	— 64 km/h
Prędkość minimalna	— 45 km/h
Prędkość maksymalna za wyciągarką	— 100 km/h

Szybowiec treningowy SZD-16 „GIL" (rys. 92). Jednomiejscowy, zbudowany w 1958 r., ma zastąpić „Srokę".

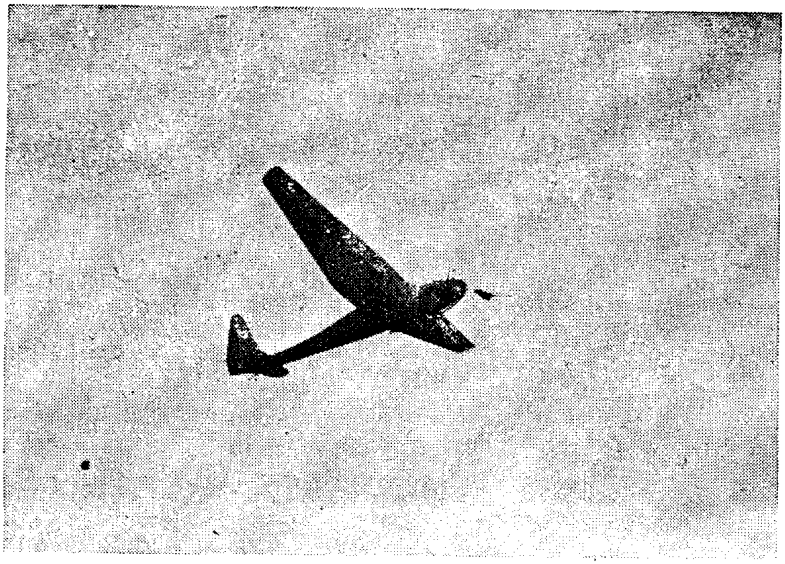


Rys. 92. Szybowiec treningowy „Gil"

Konstrukcja mieszana. Skrzydło drewniane jednodźwigarowe, wolnonośne, wyposażone w hamulce aerodynamiczne. Kadłub metalowy: przód spawany z rur stalowych, kryty płótnem; tył — rura z blachy duralowej. Usterzenie drewniane. Podwozie z kółkiem.

Rozpiętość	— 13,5 m
Długość	— 6,9 m
Wysokość	— 1,35 m
Powierzchnia nośna	— 14,0 m^2
Ciężar własny	— 165 kG
Ciężar całkowity	— 250 kG
Doskonałość	— 20
Minimalna prędkość opadania	— 0,85 m/sek
Prędkość przy maksymalnej doskonałości	— 67 km/h
Prędkość minimalna	— 50 km/h

Szybowiec treningowy „KOMAR" (rys. 93). Jest szybowcem przedwojennym. Powstał w 1933 r. Przed wojną



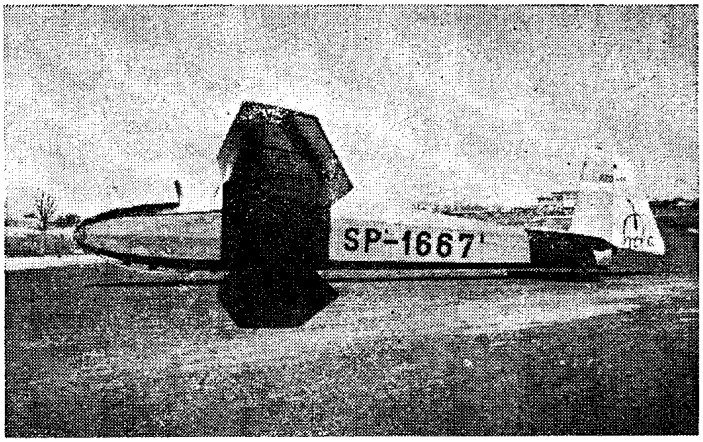
Rys. 93. Szybowiec treningowy typu „Komar" podczas startu za pomocą wyciągarki

budowany był również w Estonii, Finlandii, Jugosławii, Bułgarii i Palestynie. W latach 1948—1949 został przekonstruowany. Kolejne wersje otrzymały nazwy „Komar 48" i „Komar 49".

Jest to jednomiejscowy górnopłat zastrzałowy drewnianej konstrukcji. Skrzydło jednodźwigarowe z dźwigarkiem pomocniczym, wyposażone w hamulce aerodynamiczne. Kadłub wręgowy o przekroju sześciokątnym. Kabina odkryta z małym wiatrochronem. Przyrządy pokładowe: prędkościomierz, wysokościomierz, wariometr.

Rozpiętość	— 15,82 m
Długość	— 6,75 m
Wysokość	— 1,75 m
Powierzchnia nośna	— 17,4 m^2
Ciężar własny	— 157 kG
Ciężar całkowity	— 242 kG
Doskonałość	— 20
Minimalna prędkość opadania	— 0,72 m/sek
Prędkość przy maksymalnej doskonałości	— 54 km/h
Prędkość minimalna	— 40 km/h

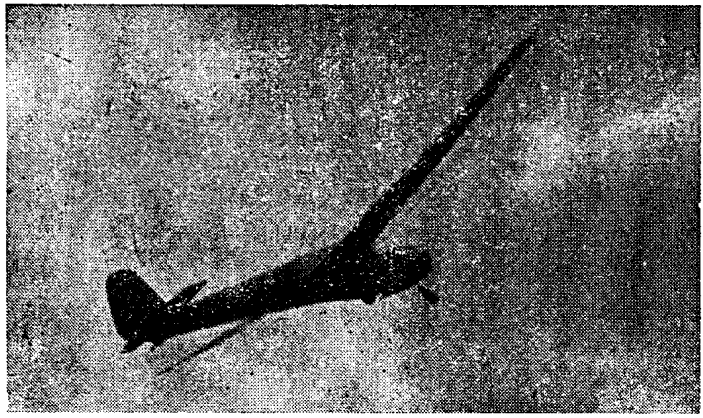
Szybowiec treningowy SZD-15 „SROKA" (rys. 94). Jednomiejscowy szybowiec treningowy, zbudowany w 1956 roku w celu zastąpienia „Komara". „Sroka" jest drewnianym zastrzałowym górnopłatem o konstrukcji zbliżonej do „Komara". Kabinę ma krytą. Podwozie posiada kółko.



Rys. 94. Szybowiec treningowy typu „Sroka"

Rozpiętość	— 14,5 m
Długość	— 6,9 m
Wysokość	— 1,55 m
Powierzchnia nośna	— 14,5 m^2
Ciężar własny	— 165 kG
Ciężar całkowity	— 255 kG
Doskonałość	— 20
Minimalna prędkość opadania	— 0,84 m/sek
Prędkość przy maksymalnej doskonałości	— 64,7 km/h
Prędkość minimalna	— 50 km/h

Szybowiec treningowo-wyczynowy IS-2 „MUCHA-TER" (rys. 95). Powstał w 1950 r. Jest ulepszeniem „Muchy" zbudowanej w 1948 r. Jednomiejscowy wolnonośny

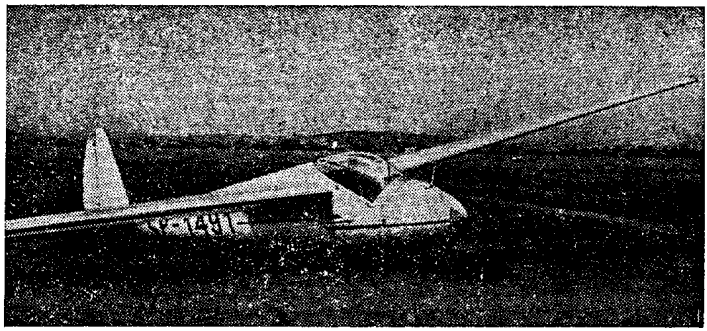


Rys. 95. Szybowiec treningowo-wyczynowy typu „Mucha-ter"

grzbietopłat konstrukcji drewnianej. Skrzydło jednodźwigarowe z dźwigarkiem pomocniczym, wyposażone w hamulce aerodynamiczne. Kadłub konstrukcji półskorupowej. Kabina kryta z odejmowaną osłoną. Siodełko przesuwane, oparcie regulowane. Wyposażenie: prędkościomierz, wysokościomierz, wariometr, zakrętomierz z chyłomierzem poprzecznym, chyłomierz podłużny i busola. Z lewej strony pilota znajduje się dźwignia klap, a na tablicy przyrządów — gałka zaczepu. Płoza podwozia amortyzowana dętką. Kółko podwozia z hamulcem.

Rozpiętość	— 15,0 m
Długość	— 6,8 m
Wysokość	— 1,6 m
Powierzchnia nośna	— 15,0 m²
Wydłużenie	— 15,0
Ciężar własny	— 195 kG
Ciężar całkowity	— 290 kG
Doskonałość	— 24
Minimalna prędkość opadania	— 0,74 m/sek
Prędkość przy maksymalnej doskonałości	— 68 km/h
Prędkość maksymalna nurkowania	— 200 km/h

Szybowiec treningowo - wyczynowy SZD - 12 „MUCHA 100" (rys. 96). Powstała w 1954 r. jako dalsze rozwinięcie „Muchy-ter". Przekonstruowano prawie cały szybowiec.

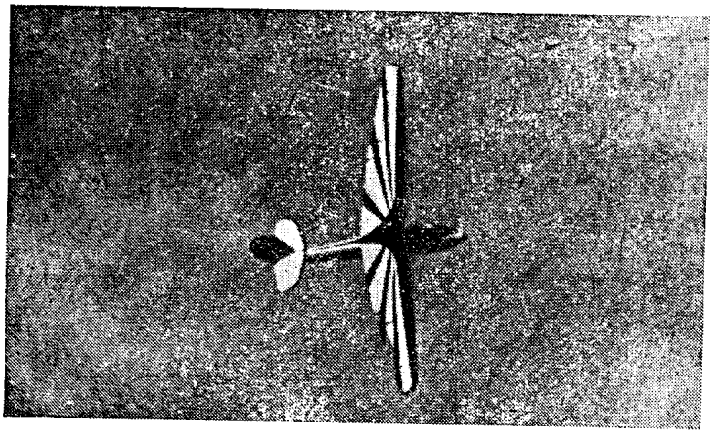


Rys. 96. Szybowiec treningowo-wyczynowy typu „Mucha-100"

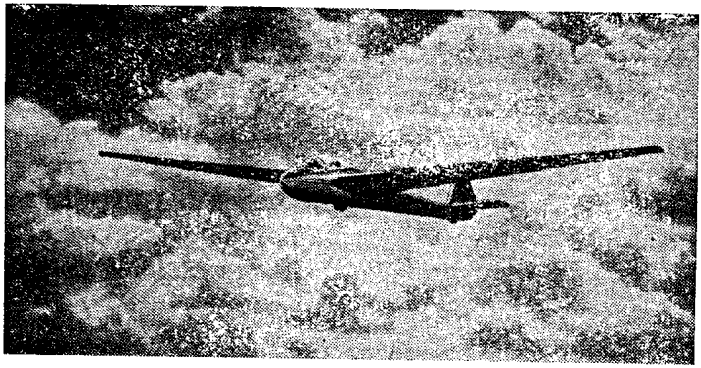
Kabina wygodniejsza i o lepszej widoczności. Połączenia napędu lotek i hamulców oraz okucia nośne pozwalają na szybki montaż i demontaż. Szybowiec posiada m. in. oświetleniową instalację elektryczną oraz odgromienie, miejsce na instalację tlenową, uchwyt do unoszenia ogona — składany, za głową pilota bagażnik. „Mucha-100" budowana jest również w Chinach.

Rozpiętość	— 15 m
Długość	— 7,0 m
Wysokość	— 1,65 m
Powierzchnia nośna	— 15,0 m²

Ciężar własny	— 185 kG
Ciężar całkowity	— 290 kG
Doskonałość	— 24
Minimalna prędkość opadania	— 0,77 m/sek
Prędkość przy maksymalnej doskonałości	— 60 km/h
Prędkość minimalna	— 50 km/h
Prędkość maksymalna za wyciągarką	— 94 km/h



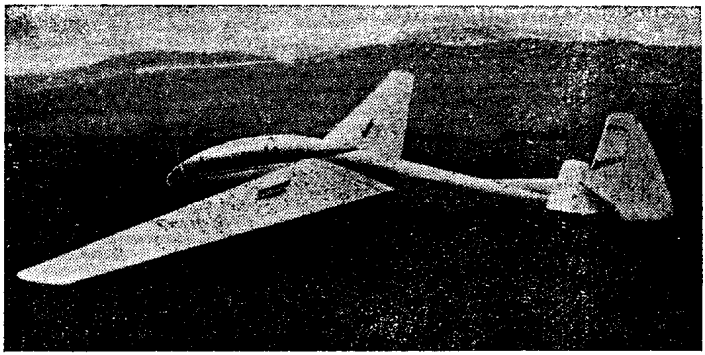
Rys. 97. Szybowiec akrobacyjny typu „Jastrząb"



Rys. 98. Szybowiec wyczynowy typu „Jaskółka"

Oprócz opisanych wyżej szybowców możecie spotkać na szybowiskach wysłużonego „Sępa" czy „Żurawia", akrobacyjnego „Jastrzębia" (rys. 97), wyczynową „Jaskółkę" (rys. 98) i „Bo-

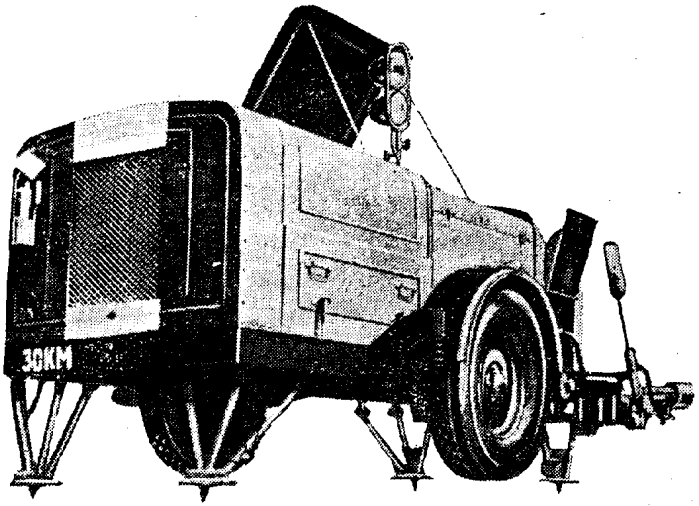
ciana" (rys. 99), a może też konstrukcje najnowsze „Muchę Standart", „Zefira", „Delfina" i „Sokoła". Usłyszycie też czasem o szybowcach doświadczonych „Kaczka", „Nietoperz" i „Wampir" oraz motoszybowcu „Pegaz".



Rys. 99. Szybowiec wyczynowy dwumiejscowy typu „Bocian"

WYCIĄGARKA I ŚCIĄGARKA

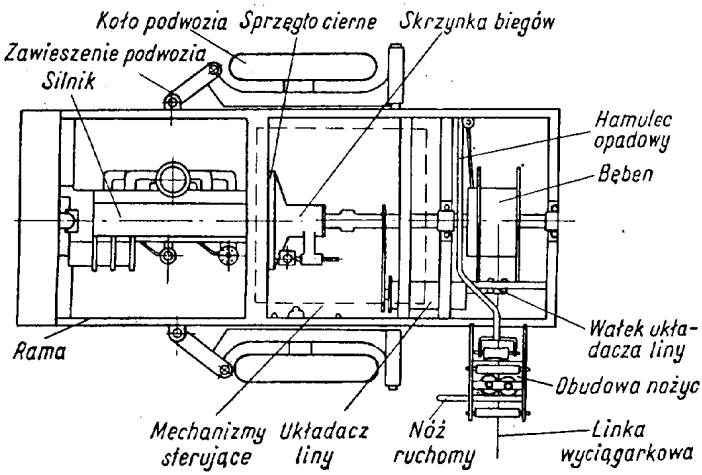
Wyciągarka (rys. 100) jest to urządzenie powodujące start szybowca za pomocą linki nawijanej na bęben. Podstawowymi częściami wyciągarki są:



Rys. 100. Wyciągarka typu „Żubr"

1) silnik — napędzający bęben;
2) sprzęgło, skrzynka biegów — regulująca obroty bębna, wał przybębnowy;
3) bęben do nawijania linki oraz hamulec;
4) układacz linki;
5) nożyce do odcinania linki;
6) rama, do której umocowane są wyżej wymienione mechanizmy oraz podwozie.

Obecnie używamy wyciągarek „Żubr". Jest to wyciągarka typu poprzecznego, tzn. ma tak ustawiony bęben jak na rys. 101.



Rys. 101. Schemat wyciągarki

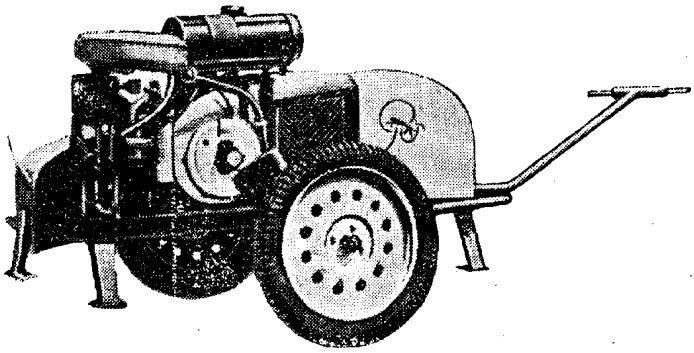
Wyposażona jest w silnik S-42 o mocy 85 KM. (Jest to silnik samochodu Star 20 podobnie jak i skrzynka biegów oraz sprzęgło.) Bęben pozwala na nawinięcie 1200 m linki stalowej o średnicy 4,5 mm. Splątaniu linki na bębnie zapobiega hamulec automatyczny, który przy zluźnieniu linki zaraz zatrzymuje bęben.

Układacz linki ma za zadanie równomiernie układać linkę na bębnie, zwój przy zwoju — podobnie jak w szpulce nici. Składa się on z dwóch rolek, między którymi biegnie linka oraz z mechanizmu przesuwającego rolki wzdłuż bębna tam i z powrotem. Ruch ten uzyskuje się za pomocą śruby nagwintowanej „na

krzyż" — raz w lewo, raz w prawo i czółenka posuwającego się w rowku gwintu.

Nożyce zbudowane są z ostrza stałego oraz ruchomego obciążonego ciężarem na ramieniu. Gdy zaistnieje potrzeba odcięcia linki, np. gdy szybowiec się nie wyczepił, mechanik pociąga za dźwignię, która zwalnia ciężar i nóż opadając obcina linkę.

Wszystkie te mechanizmy przymocowane są do ramy, która ma koła, dyszel oraz nogi składane podczas transportu. Ustawiając wyciągarkę do pracy — unosi się ją do góry podnośnikiem (lewarem) i rozkłada nogi. Nie wspomnieliśmy jeszcze o siodełku mechanika, tablicy przyrządów oraz pedałach gazu i sprzęgła,



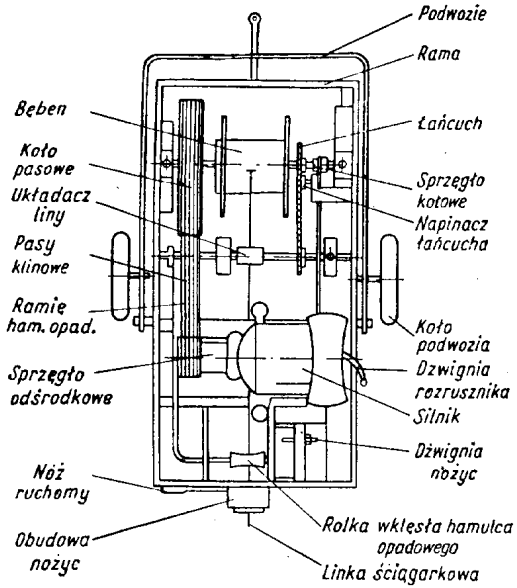
Rys. 102. Ściągarka typu „Ryś"

dźwigni skrzynki biegów i innych dźwigniach. Trochę uwagi należy się również lince. Na tym końcu linki, do którego przyczepia się szybowiec, znajduje się kółko zaczepowe, bezpiecznik zrywowy, spadochronik oraz zamocowanie linki ściągarkowej. Bezpiecznik zrywowy — to kawałek słabszej linki, który pęka przy zbyt dużym obciążeniu linki (np. szarpnięciu przez szybowiec) i chroni linkę wyciągarkową przed zerwaniem się w dowolnym miejscu. Spadochronik zmniejszając prędkość opadania linki po odczepieniu się szybowca — ułatwia wyhamowanie rozpędzonego bębna wyciągarki. Linkę wyciągarkową w razie jej zerwania splata się (wiązać nie wolno).

Ściągarka (rys. 102). Zadaniem ściągarki jest przyciągnięcie na start końca linki wyciągarkowej. Końce linek wyciągarkowej i ściągarkowej są z sobą połączone. Szybowiec startując

ciągnie za linkę ściągarkową i rozwija ją. Ściągarka musi być ustawiona w bok (około 10 m) i w tył (10—15 m) od szybowca, by przy starcie nie mógł on o ściągarkę zaczepić.

Stosowana u nas ściągarka „Ryś" składa się z podobnych elementów jak wyciągarka (rys. 103). Są to: silnik (od moto-



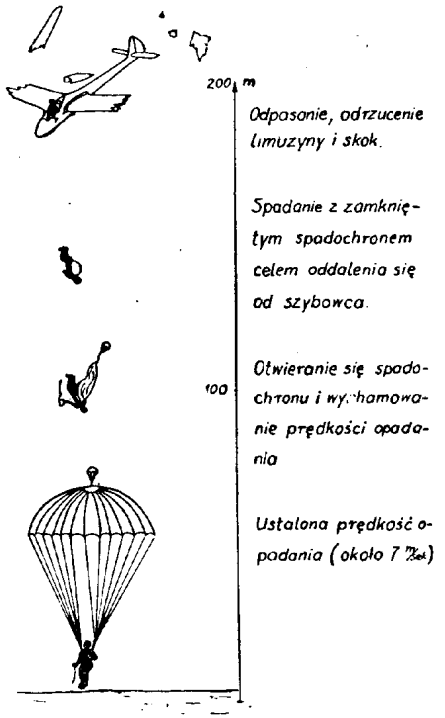
Rys. 103. Schemat ściągarki

pompy) S-82 o mocy 8 KM, sprzęgło, bęben o automatycznym hamulcu, układacz linki, nożyce, rama i siodełko. Ściągarka jest oczywiście znacznie mniejsza od wyciągarki. Bęben ma tak ustawiony, że linka rozwija się „wzdłuż" ściągarki, a nie w poprzek. Przy stawianiu „Rysia" na nogach — trzeba odłączyć podwozie. Miejsce, w którym stawiamy ściągarkę, musi być równe, gdyż inaczej nastąpi skręcenie ramy. Osłonę ściągarki można podnieść tylko po postawieniu ściągarki na nogach.

BUDOWA I UŻYCIE SPADOCHRONU

Użycie spadochronu w lotach szybowcowych należy do rzadkości. Konieczność skoku ratowniczego może nastąpić w wypadku uszkodzenia urządzenia sterowniczego, ewentualnie rozlecenia się szybowca z powodu przekroczenia prędkości dopuszczalnej.

W trakcie nauki latania na szybowcach jednomiejscowych spadochron zakłada się pod koniec kursu, przy wykonywaniu lotów samodzielnych na szybowcu kadłubowym. Niezbędną wysokość potrzebną do wykonania skoku spadochronowego z szybowca przedstawia rys. 104. Przy lotach początkowych nie ma potrzeby zakładania spadochronu, ponieważ loty szkolne odbywają się na małych wysokościach, nie wystarczających na bezpieczne wykonanie skoku ratowniczego. Poza tym szybowce szkolne są tak skonstruowane, że można je nazwać „latającymi spadochronami", gdyż są zbudowane z dużym nadmiarem wytrzymałości, latają na małych prędkościach, są bardzo lekkie, wybaczają wiele błędów i z tych powodów są bardzo bezpieczne.

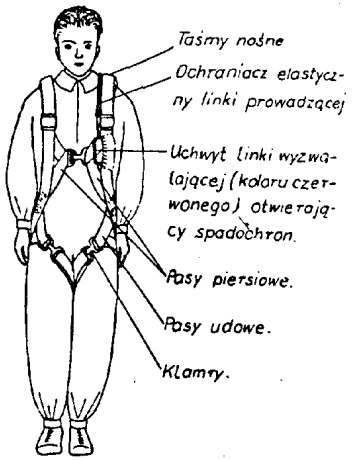


Rys. 104. Najmniejsza bezpieczna wysokość skoku ratowniczego

Przy nakładaniu na siebie spadochronu należy dopasować do swojego wzrostu i tuszy pasy piersiowe i udowe (rys. 105 i 106). Aby wyskoczyć ze spadochronem z szybowca, trzeba wykonać następujące czynności:

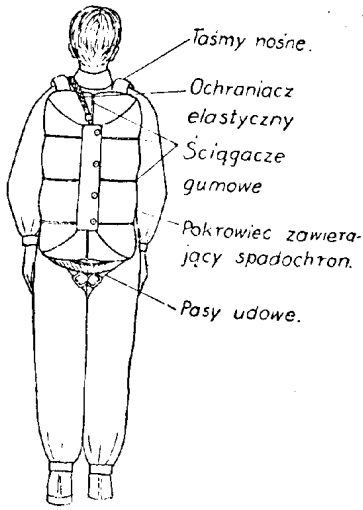
1. Odpasać się od szybowca i odpiąć wszelkie połączenia z kabiną szybowca (np. radio).
2. Odrzucić limuzynę, używając do tego celu specjalnego uchwytu awaryjnego.
3. Nogi podciągnąć pod siebie i silnie się odbić od siodełka.
4. Prawą ręką odszukać uchwyt, licząc w tym czasie przynajmniej przez trzy sekundy: np. 121 — 122 — 123.
5. Pociągnąć za uchwyt otwierający spadochron.

Z tą chwilą otwiera się pokrowiec. Pomagają przy tym ściągacze gumowe. Najpierw wylatuje pilocik i wyciąga z pokrowca czaszę i linki nośne (rys. 107). Napełnianie czaszy odbywa się gwałtownie i skoczek odczuwa silne szarpnięcie. Proces otwierania się spadochronu aż do wypełnienia się czaszy powietrzem trwa przeciętnie 2 sekundy. W powietrzu skoczek ma możliwość częściowego manewrowania spadochronem przy pomocy ślizgów zmieniających tor opadania. Ślizg wykonywany jest w ten sposób, że odpowiadającą kierunkowi taśmę nośną ściąga się do dołu. Spadochron ześlizguje się w kierunku ściągniętej taśmy.

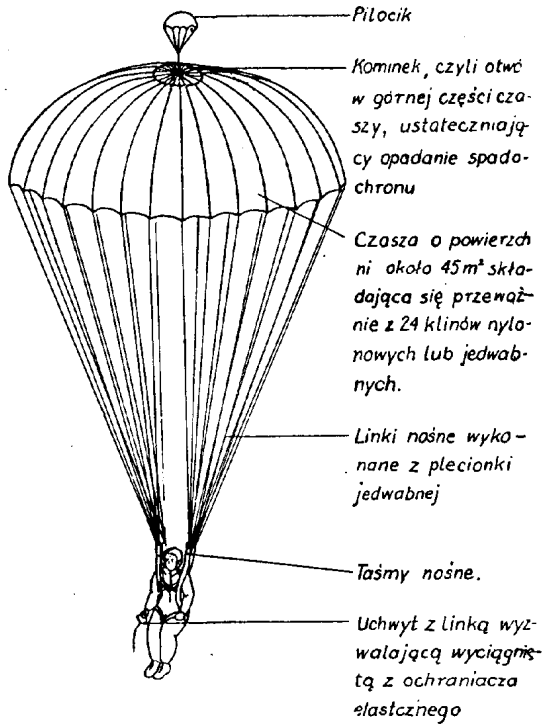


Rys. 105. Uprząż ratowniczego spadochronu plecowego

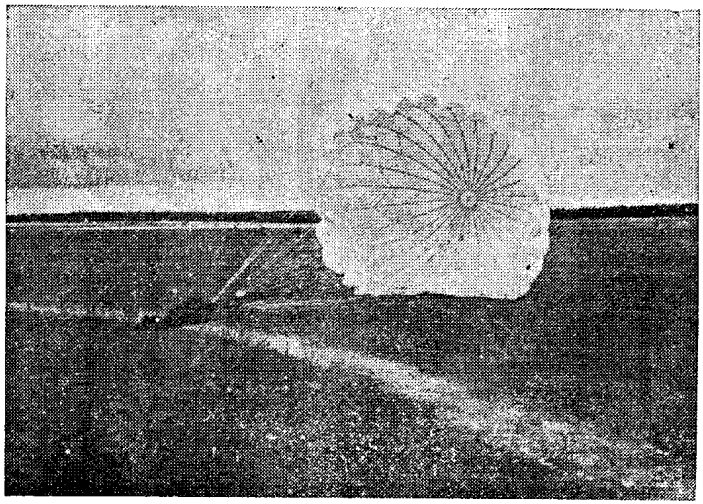
Zbliżając się do ziemi trzeba pamiętać, że przy lądowaniu należy zawsze mieć wiatr w plecy, natomiast nogi mocno złączone razem. O ile zbliżanie do ziemi odbywa się z bocznym lub tylnym wiatrem, należy przy pomocy manewrowania taśmami nośnymi obrócić się tyłem do wiatru. Lądowanie odbywa się na całe stopy, a nogi są lekko ugięte w kolanach. Siła zetknięcia się z ziemią jest mniej więcej taka jak przy zeskoczeniu na ziemię z wysokości 3 metrów. Z chwilą dotknięcia ziemi należy wywrócić się do przodu w kierunku wiatru, a następnie złapać za dwie linki od strony zetknięcia się czaszy z ziemią i przyciągać je do siebie w celu „zagaszenia" czaszy, co zapobiega wleczeniu lądującego skoczka przez wiatr po ziemi (rys. 108).



Rys. 106. Spadochron ratowniczy założony do lotu



Rys. 107. Budowa spadochronu



Rys. 108. „Gaszenie" czaszy spadochronu po wylądowaniu

Lądowanie na wodę, czyli wodowanie, odbywa się nieco inaczej niż na ziemi. Przed wodowaniem należy rozpiąć się z uprzęży spadochronu i przed samym zetknięciem z powierzchnią wody puścić się uprzęży. W ten sposób postępuje się również przy lądowaniu na ziemię w czasie bardzo silnego wiatru (ponad 10 m/sek), kiedy wleczenie przez spadochron po ziemi jest poważnym niebezpieczeństwem.

Literatura pomocnicza:

Wł. Humen — „Szybownictwo".
S. Samek — „Szybowce".
A. Abłamowicz — „Lotnicze przyrządy pokładowe".
R. Zatwardnicki — „Mechanik wyciągarkowy i ściągarkowy".
W. Tracz — „Kurs wyszkolenia spadochronowego".
J. Zieleziński — „Vademecum mechanika szybowcowego".

ROZDZIAŁ IV

METEOROLOGIA

Meteorologia, czyli nauka o warunkach atmosferycznych, zwanych potocznie pogodą, jest bardzo ważną wiedzą dla pilota szybowcowego. Pilot szybowcowy jest od pogody całkowicie uzależniony. Dzięki znajomości tej nauki i wykorzystaniu swych wiadomości o pogodzie może utrzymywać się w powietrzu przez wiele godzin (rekord: 56 godz. 15 min), osiągnąć duże wysokości (rekord: 13 489 m) i przelatywać duże odległości (rekord: 861 km). Można z całym spokojem zaryzykować twierdzenie, że szybownictwo to meteorologia praktyczna. Znajomość meteorologii jest dla szybownika niezbędna od samego początku szkolenia, a w miarę czynienia postępów w lataniu staje się coraz bardziej nieodzowna. Każdego szybownika cechuje zainteresowanie się meteorologią na codzień, a nie tylko, gdy wsiada do szybowca. Przeciętny szybownik potrafi na podstawie obserwacji wzrokowej przepowiedzieć pogodę na najbliższe godziny, a nawet na dzień następny. Dla szybownika zrozumiałe są słowa komunikatu meteorologicznego w radio, kiedy podawana jest sytuacja meteorologiczna w Europie; te wszystkie wyże i niże, zachmurzenie zmienne z możliwością przelotnych opadów, wiatry słabe, miejscami bardzo silne itp. Ze względu na szczupłość tego rozdziału podane tu będą zasadnicze pojęcia meteorologiczne.

Na wstępie przypomnijmy sobie kilka pojęć z fizyki.

ATMOSFERA

Ziemia otoczona jest grubą przeszło 800 kilometrową powłoką powietrza. Dzięki sile ziemskiego przyciągania jest ono najgęstsze w swej dolnej 10 kilometrowej warstwie.

Powietrze składa się przede wszystkim z azotu (78%), tlenu (21%) i gazów szlachetnych (1%). Znajduje się w nim ponadto woda w stanie gazowym — jako para wodna, ciekłym — jako krople deszczu, i stałym — jako grad i kryształki lodu.

Ze względu na częste zmiany swej postaci i zmienne ilości woda odgrywa poważną rolę w kształtowaniu się pogody. Występuje ona przede wszystkim w dolnej warstwie atmosfery, zwanej troposferą, sięgającej w naszych szerokościach geograficznych do wysokości 11 km. Powyżej troposfery znajduje się stratosfera, prawie pozbawiona wilgoci. Od pary wodnej zależy między innymi tworzenie się mgły, chmur, opadów i zjawisk elektrycznych w troposferze. Warto jeszcze zapamiętać, że troposfera na biegunach jest cienka i sięga do 8 km, natomiast nad równikiem jest najgrubsza i sięga do 16 km. Na granicy troposfery i stratosfery temperatura wynosi około —56°.

WILGOTNOŚĆ POWIETRZA

Para wodna jest gazem bezbarwnym i niewidocznym. To, co przyzwyczailiśmy się nazywać parą wodną, jest po prostu mgłą składającą się z małych kropelek wody. Chmury są to również kropelki wody unoszące się w powietrzu. Para wodna w stanie gazowym, niewidocznym, może się znajdować w powietrzu tylko w ograniczonych ilościach. Ograniczenie to zależy od temperatury powietrza.

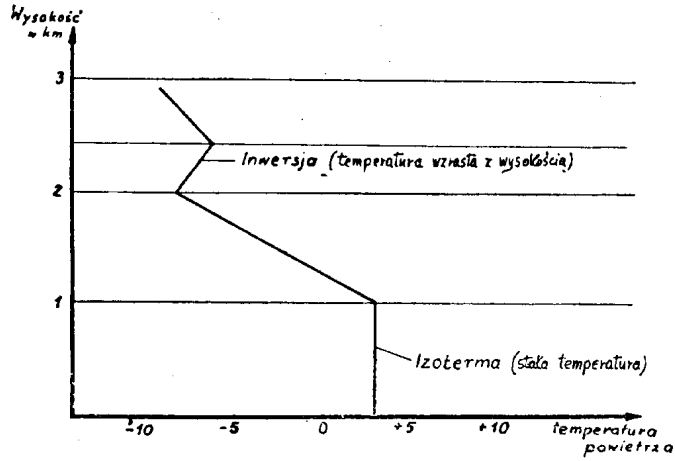
W powietrzu o temperaturze wysokiej mieści się o wiele więcej pary wodnej w stanie gazowym niż w powietrzu chłodnym i tak np. w jednym metrze sześciennym powietrza może znajdować się przy temperaturze —20° tylko 1 gram pary wodnej przy 0° już 4,7 grama, a przy +30° aż 30 gramów. Wyobraźmy sobie teraz pokój, w którym temperatura wynosi +30° oraz to, że w każdym m^3 powietrza znajduje się prawie 30 gramów pary wodnej. Raptem piec przestaje ogrzewać pokój i temperatura powietrza zaczyna maleć. Z tą chwilą w pokoju zacznie się robić mglisto i przy temperaturze powietrza np. +10° panować będzie gęsta mgła. O ile zapytacie się szybownika, jaka jest tego przyczyna, otrzymacie odpowiedź: „temperatura powietrza w pokoju przekroczyła punkt rosy, w wyniku czego nastąpiła kondensacja

pary wodnej zawartej w powietrzu". Kondensacja — to znaczy skroplenie. Punkt rosy jest to temperatura powietrza, przy której zawarta w nim para wodna zaczyna się skraplać. Osiągnięty zostaje przez powietrze stan nasycenia parą wodną i z tą chwilą zaczyna się kondensacja, czyli przejście wody ze stanu gazowego, jakim jest para wodna, do stanu ciekłego, jakim są maleńkie kropelki wody widoczne dla oka jako mgła. Zjawisko to dlatego zostało nazwane punktem rosy, ponieważ rosa powstaje właśnie w ten sposób. Po zachodzie słońca powietrze zaczyna się oziębiać, przy czym ozębienie następuje najszybciej przy ziemi, a zawarta w powietrzu para wodna nie może się już więcej w nim pomieścić i skrapla się najczęściej na roślinach, tworząc rosę. Aby łatwiej orientować się, czy możemy spodziewać się skroplenia pary w powietrzu, czy też stan pary jest daleki od kondensacji — wprowadzono pojęcie wilgotności względnej.

Wilgotnością względną nazywamy stosunek ilości pary wodnej znajdującej się w 1 m^3 powietrza, do ilości pary potrzebnej do osiągnięcia w tej temperaturze punktu rosy. Wilgotność względną określamy w procentach. Przy kondensacji pary mamy wilgotność równą 100%. Do pomiaru wilgotności służy higrometr włosowy działający na zasadzie rozciągania się włosa (kobiecego). Im powietrze jest wilgotniejsze, tym włos staje się dłuższy, a im powietrze suchsze, tym krótszy.

Aby doprowadzić do kondensacji parę wodną w powietrzu, nie wystarczy samo obniżenie temperatury powietrza. Dalszym warunkiem kondensacji pary wodnej jest obecność w powietrzu tak zwanych jąder kondensacji. Są to drobniutkie cząsteczki pyłu, soli lub innych zawiesin znajdujących się w powietrzu. Wokół nich zaczyna się skraplanie pary wodnej w bardzo małych ilościach jeszcze przed osiągnięciem przez powietrze temperatury punktu rosy. Przy istnieniu w powietrzu dużych ilości jąder kondensacji jasne tło nieba wydaje się żółtawe, a ziemia koloru niebieskiego. Znajdujemy więc wytłumaczenie różnych barw nieba widocznych najwyraźniej przy wschodzie i zachodzie słońca. W miarę zbliżania się temperatury do punktu rosy — jądra kondensacji pęcznieją, a w przypadku nasycenia wzrastają do widocznych już dla naszego oka kropelek wody tworzących mgłę.

Warstwę powietrza znajdującą się najbliżej ziemi, zwaną troposferą, odróżniamy od innych warstw nie tylko dlatego, że zawiera najwięcej pary wodnej, ale również dlatego, że w niej temperatura powietrza obniża się w miarę wzrostu wysokości. Na granicy troposfery temperatura wynosi od — 50 do — 70°. A zatem średni spadek temperatury z wysokością wynosi 0,6° na 100 m. Pomiar temperatury troposfery dokonywany jest za pomocą radiosondy. Jest nią balonik z podwieszonym małym



Rys. 109. Przykład krzywej spadku temperatury z wysokością

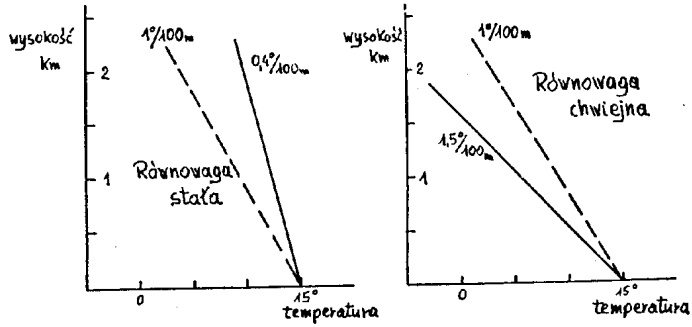
kompletem przyrządów pomiarowych, mierzących temperaturę, wilgotność i ciśnienie. Dane te przekazywane są za pomocą nadajnika radiowego na ziemię. Pomiary dokonane za pomocą radiosondy wykazują, że spadek temperatury nie zawsze wynosi 0,6° na 100 m wysokości, lecz waha się i może mieć odchylenia w obie strony. O ile pomiar temperatury dokonany przez radiosondę podamy w formie wykresu, będzie to zawsze linia krzywa, często zygzakowata. Każdy odcinek tej krzywej ma swoją fachową nazwę i ma olbrzymie znaczenie dla szybowników. Taką krzywą spadku temperatury (gradientu) przedstawia rys. 109.

Wiemy już o spadku temperatury z wysokością. Podobnie dzieje się z ciśnieniem powietrza — maleje z wysokością. Na poziomie morza ciśnienie wynosi 760 mm słupa rtęci, na wysokości zaś około 5000 m jest już o połowę mniejsze. Wyobraźmy sobie powietrze wędrujące z niższych warstw do wyższych, gdzie jest ciśnienie mniejsze. Powietrze takie przy wznoszeniu będzie się rozprężało i jednocześnie oziębiało. Oziębienie się powietrza w trakcie rozprężania bez wymiany ciepła z otoczeniem nazywamy adiabatycznym spadkiem temperatury. Wynosi on 1° na 100 m wysokości. Na odwrót dzieje się przy sprężaniu powietrza, czyli przechodzeniu z górnych warstw do dolnych, wówczas zachodzi zjawisko ogrzewania się. W życiu codziennym spotykamy się często z tymi zjawiskami. Wiemy na przykład, że przy pompowaniu powietrza do dętki następuje ogrzewanie się powietrza i pompki, natomiast przy rozprężaniu powietrza w lodówce temperatura się obniża. Należy więc zapamiętać sobie: Powietrze wznosząc się do góry oziębia się adiabatycznie o 1° na każde 100 m wysokości w powietrzu suchym, natomiast w powietrzu wilgotnym (w chmurze) o 0,5° na każde 100 m wysokości.

Dla pilotów szybowcowych najważniejsze są prądy wstępujące spowodowane nagrzaniem się powietrza od ziemi. Z pewnością każdy z czytelników widział już, jak bociany, jastrzębie lub wrony krążąc bez poruszania skrzydłami, nabierają wysokości. Dla zwykłych śmiertelników jest to rzecz dziwna, szybownik jednak wie, że podobnie jak wiatr, czyli poziomy ruch powietrza, powstają również prądy pionowe. Sygnalizują one o swym istnieniu porywami wiatru przy ziemi. Niekiedy zauważyć można wir powietrzny, porywający w górę kurz, śmieci lub inne drobne przedmioty. Jest to niezbity fakt odrywania się w tym miejscu tzw. komina termicznego, czyli cieplnego pionowego prądu powietrza. Dla powstawania takich prądów pionowych niezbędny jest jeden zasadniczy warunek: ogrzane powietrze dopóty będzie się wznosić w górę, dopóki jego temperatura będzie wyższa od temperatury powietrza otaczającego. Cieplejsze powietrze wznosi się, ponieważ jest lżejsze.

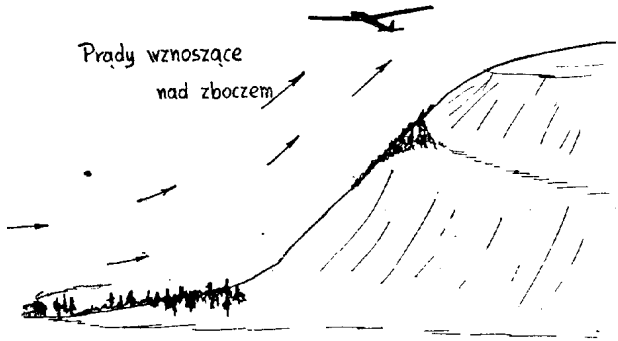
Widzimy więc, że nie ogrzanie powietrza przy ziemi jest zasadniczym warunkiem powstawania prądów wznoszących, lecz rów-

nowaga chwiejna atmosfery. Co to znaczy? Popatrzmy na rys. 110. Jeśli spadek temperatury w powietrzu pomierzony radiosondą jest mniejszy niż spadek temperatury wznoszącego się powietrza (jak wiemy, wynosi on 1° na 100 m) — to powietrze po chwili wznoszenia stałoby się zimniejsze, a tym samym cięższe od otoczenia. Prądy wznoszące wtedy nie powstaną — równowaga jest



Rys. 110. Wykresy spadku temperatury w powietrzu o równowadze stałej i chwiejnej

stała. Jeśli zaś spadek temperatury z pomiaru jest większy niż spadek adiabatyczny (powietrza wznoszącego się), to powietrze ogrzane przy ziemi wznosząc się będzie nadal cieplejsze, a stąd



Rys. 111. Powstawanie prądów zboczowych

lżejsze od otaczającego je. W tych warunkach powstaną prądy wznoszące. Mamy wtedy równowagę chwiejną. Równowaga chwiejna może powstać w dwojaki sposób:

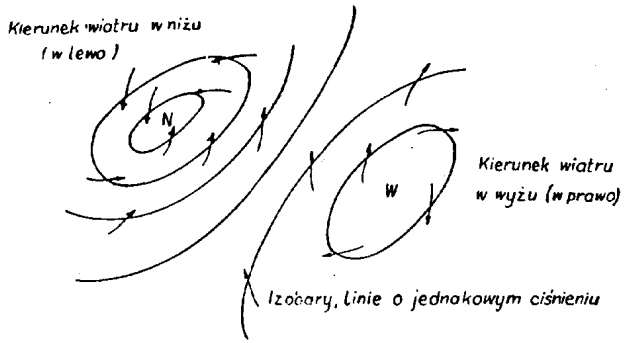
1. Nad nagrzany teren napływa powietrze chłodne i mamy wówczas do czynienia z termiką naniesioną.

2. Przy silnym nagrzaniu się ziemi od słońca, a od niej dolnych warstw powietrza, dochodzi do pożądanej różnicy spadków temperatur i tworzą się wówczas pionowe prądy powietrza zwane termiką wypracowaną.

Oprócz prądów wznoszących termicznych istnieją prądy wznoszące wymuszone: zboczowe (rys. 111) i falowe.

WIATR

Skąd się bierze wiatr? Najkrótsza odpowiedź brzmi: przyczyna powstawania wiatru tkwi w dążeniu powietrza do wyrównania różnicy ciśnień. Skąd się biorą te różnice ciśnień?



Rys. 112. Wiatry wiejące z wyżu do niżu na skutek obrotu ziemi zmieniają swój kierunek w prawo

Stąd, że obok siebie istnieją wyże i niże, czyli obszary, gdzie panują ciśnienia wysokie lub niskie. A jak one powstają? — zapytacie z kolei. Wpływ na powstawanie wyżu czy też niżu ma teren, nad jakim przebywa powietrze, np. nad Arktyką powietrze się oziębia i staje się przez to cięższe (wyż), w odróżnieniu od powietrza przebywającego nad krajami równikowymi, gdzie rozgrzewa się ono i będąc lżejsze tworzy niż. Zapamiętajmy, że do powstania jakiegokolwiek wiatru potrzebna jest różnica ciśnień

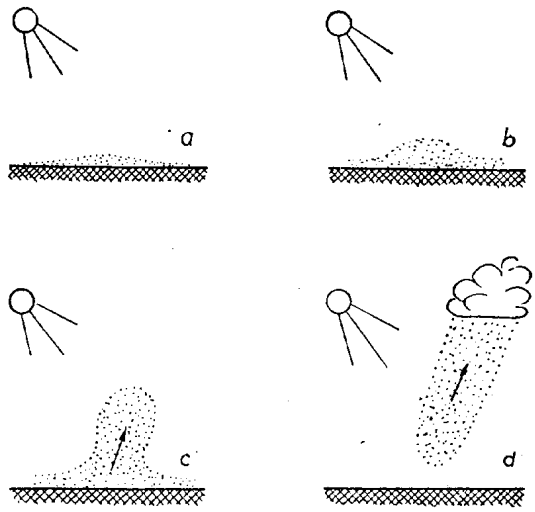
powietrza, które dąży od ciśnienia większego ku niższemu. Ruch ten nie odbywa się po linii prostej, lecz na skutek siły Coriolisa wywołanej obrotem ziemi skręca w wyżu w prawo (zgodnie z obrotem wskazówek zegara), natomiast w niżu — w lewo (rys. 112). Dzieje się tak na półkuli północnej, natomiast na półkuli południowej proces ten przebiega odwrotnie.

Nazwę wiatru określa się według kierunku, skąd wiatr wieje: np. północno-zachodni, skrót NW (N — north — północ, W — west — zachód, S — south — południe, E — east — wschód), w stopniach 315° (0° — północ, 90° — wschód, 180° — południe, 270° — zachód). Siłę wiatru podaje się w m/sek lub w stopniach Beauforta. Kierunek i siłę wiatru można odczytać z mapy synoptycznej. Jest to mapa sporządzona na podstawie meldunków z obserwacji pogody dokonanych przez stacje meteorologiczne rozrzucone po całym świecie. Na mapie tej wykreślone są izobary, czyli linie łączące miejscowości o tym samym ciśnieniu atmosferycznym. Siła wiatru jest tym większa, im gęstsze są izobary, natomiast izobary położone w dużych odległościach od siebie wskazują na słaby wiatr. Jest w tym pewne podobieństwo do poziomnic na mapie fizycznej. Jak wiemy — im poziomnice są gęstsze, tym stok góry jest bardziej stromy, im rzadsze — tym łagodniejszy.

Wiatr przy ziemi ze względu na tarcie i napotykane przeszkody jest słabszy niż na wysokości i jego kierunek na skutek siły Coriolisa zmienia się w prawo w miarę oddalania się od ziemi. Na wysokości 500 m wiatr zmienia swój kierunek o mniej więcej 30° w prawo, w porównaniu do kierunku wiatru przy ziemi.

Obecnie kilka słów o wietrze niespokojnym i porywistym. Zawirowania powstają na skutek tarcia o nierówności terenu i potęgowane są występowaniem prądów pionowych. Natomiast porywistość wiatru lub występowanie porywów przy pogodzie bezwietrznej spowodowane jest wyłącznie ruchami pionowymi powietrza. „Próżnie" w powietrzu lub „dziury" — jak to wyrażają się ludzie nie znający meteorologii — nie istnieją. Jest to tylko występowanie obok siebie prądów powietrza opadającego i wznoszącego.

Do powstawania chmury konieczne jest ochłodzenie się powietrza do tego stopnia, aby osiągnęło temperaturę punktu rosy. W atmosferze dzieje się to wskutek ruchu pionowego, np. wznoszenia się powietrza nagrzanego od podłoża (rys. 113), albo wstępowania na zboczach górskich lub na powierzchniach styku mas ciepłych i zimnych, zwanych frontami.



Rys. 113. Powstawanie chmury kłębiastej (cumulus):
a i *b* — powietrze zaczyna się nagrzewać od nasłonecznionego podłoża, *c* — powietrze ciepłe przebija powietrze chłodne i jak balon wznosi się do góry, *d* — na poziomie kondensacji tworzy się chmura kłębiasta.

Jak wiemy, powietrze przy wznoszeniu ochładza się. Ponieważ zawiera w sobie pewną ilość pary wodnej, może przy ochładzaniu dojść do punktu rosy, czyli do takiej temperatury, przy której ta ilość pary wystarcza do osiągnięcia 100% wilgotności, a więc skroplenia się. Wysokość, na której zaczyna się skraplanie, nazywamy poziomem kondensacji. Przy ładnej pogodzie łatwo zauważyć, że większość chmur ma podstawę na tej samej wysokości, np. około 1000 m. Jest to właśnie poziom kondensacji, czyli wysokość, poniżej której mamy parę, powyżej zaś — skroploną wodę, czyli chmury.

Chmury są jakby czapką na prądach wznoszących. Bez prądów wznoszących kropelki wody nie utrzymałyby się w powietrzu i zaraz spadłyby na ziemię. Jeżeli prąd jest silny, to kropelka „chce", lecz nie może spaść na ziemię i zderzając się z innymi kropelkami rośnie. Gdy jest już tak duża, że prąd powietrza nie może jej utrzymać w chmurze, spada na ziemię. Teraz możemy się domyślić, że przy mżawce prądy wznoszące prawie nie występują, w chmurze gradowej zaś muszą być bardzo silne, skoro potrafią utrzymać grad o dużych wymiarach. I rzeczywiście, przy średnicy gradu 0,5 cm, prąd wznoszący ma 8 m/sek, a przy 2 cm — aż 16 m/sek. A co to jest „oberwanie chmury?". Po prostu pod chmurą zabrakło prądu wznoszącego, który by ją podtrzymywał.

Kropelki wody, z których składają się chmury, mogą mieć temperaturę powyżej zera, jak również poniżej. W ostatnim przypadku są one przechłodzone i przy zetknięciu się z przedmiotami, np. szybowcem, następuje ich natychmiastowe zamarzanie powodujące oblodzenie szybowca. O ile przechłodzone kropelki wody zetkną się z pyłem lub kryształkami lodu, wówczas tworzą chmurę składającą się z drobniutkich cząstek lodu w kształcie igiełek, płytek i gwiazdek. Widzimy więc, że chmury mogą się składać nie tylko z kropelek wody, lecz także i z kryształków lodu.

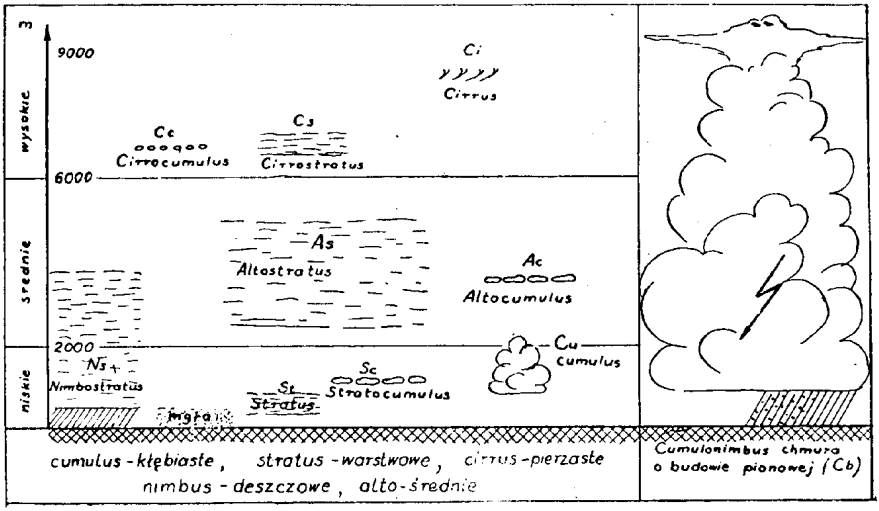
Rodzaje chmur określa się międzynarodowymi nazwami i zapamiętanie ich wcale nie jest trudne, jeżeli nauczymy się tych pięciu terminów:

1. Stratus — warstwowe, symbol St lub s.
2. Cumulus — kłębiaste, symbol Cu lub c.
3. Nimbus — deszczowe, symbol N lub b.
4. Alto — średni, symbol A.
5. Cirrus — pierzaste, symbol Ci.

Wszystkie główne nazwy chmur tworzy się z połączenia powyższych terminów. Deszcz pada tylko z chmur niskich nimbostratus, pokrywających całe niebo, oraz z burzowych (cumulonimbus). Piękne białe cumulusy, które są często wykorzystywane przez szybowników z powodu silnych prądów wznoszących, nie

dają nigdy opadów. Delikatne cirrusy, znajdujące się na dużych wysokościach, składają się z kryształków lodu. Z rys. 114 można zapoznać się z nazwami chmur, ich wyglądem oraz wysokościami, na których się znajdują.

Widzialność. Przez widzialność rozumiemy odległość, na jakiej zacierają się zarysy obserwowanych przez nas przedmio-



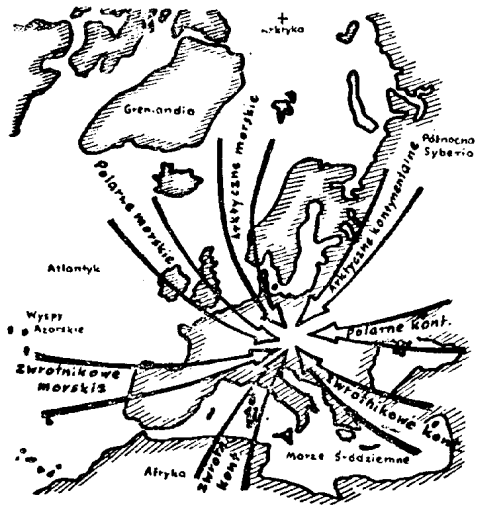
Rys. 114. Podział i nazwy chmur

tów. Przyczyną obniżania się widzialności są znajdujące się w powietrzu cząstki mechaniczne, jak zadymienia, zmętnienia itp., oraz istnienie skondensowanej pary wodnej w formie zamglenia lub opadów atmosferycznych. Widzialność jest bardzo dobra, jeżeli odróżniamy przedmioty, jak domy, wieże, kominy odległe o kilkanaście kilometrów, natomiast widzialność jest zła, jeżeli odróżniamy przedmioty w odległości mniejszej niż dwa kilometry.

RODZAJE MAS POWIETRZNYCH

Przez określenie masa powietrzna należy rozumieć powietrze rozciągające się na obszarze paru tysięcy kilometrów, posiadające w przybliżeniu jednakową temperaturę, wilgotność, przezroczy-

stość, chwiejność itd. Do Polski napływają trzy zasadnicze rodzaje mas powietrza: polarne, zwrotnikowe i arktyczne, w zależności, z jakich szerokości geograficznych do nas napływają. Powietrze arktyczne napływa do nas z północy i niezależnie od pory roku występuje u nas jako powietrze chłodne. Powietrze zwrotnikowe napływa do nas z południa i jest zawsze ciepłe. Natomiast powietrze polarne o ile napływa zimą jest wówczas powietrzem ciepłym, a w ciepłej porze roku jest powietrzem zimnym. Szybowników interesują najbardziej masy powietrza

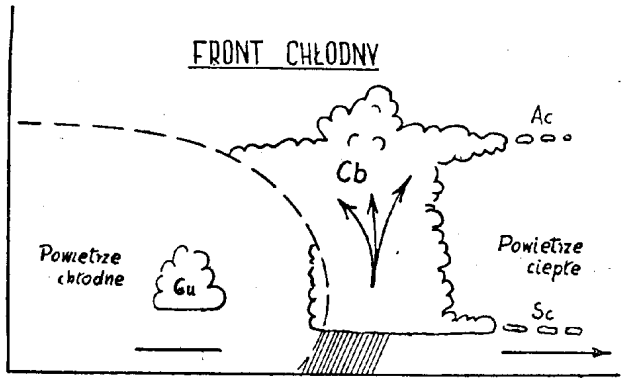


Rys. 115. Masy powietrza

polarnego, ponieważ w nim powstają najsilniejsze prądy wznoszące.

Każda z trzech wspomnianych mas powietrza określana jest jako „morska" lub „kontynentalna" w zależności od tego, czy swoje właściwości nabyła nad morzem (duża wilgotność), czy kontynentem (mała wilgotność) — rys. 115. Powietrze polarne ma swoją ojczyznę nad Atlantykiem w rejonie Grenlandii, gdzie tworzą się w skutek stałej niskiej temperatury rozległe obszary wyżowe. Przebywając dłuższy czas nad tymi terenami powietrze oziębia się, staje się czyste i przejrzyste. W czasie długiej wę-

drówki nad Atlantykiem ulega ono wpływom morskim i do Europy napływa jako powietrze polarno-morskie, najczęściej z kierunku północno-zachodniego. O ile dzieje się to w ciepłej porze roku, wówczas nagrzewa się od podłoża, w wyniku czego powstaje równowaga chwiejna i silne prądy wznoszące. Panują wtedy (zwłaszcza na wiosnę) wspaniałe warunki szybowcowe na przeloty, ponieważ istnieje równowaga chwiejna, silny wiatr i silne nasłonecznienie ziemi. Większość długich przelotów szybowcowych została wykonana w Polsce przy tym typie pogody. Zachmurzenie jest wówczas kłębiaste, a podstawa chmur waha



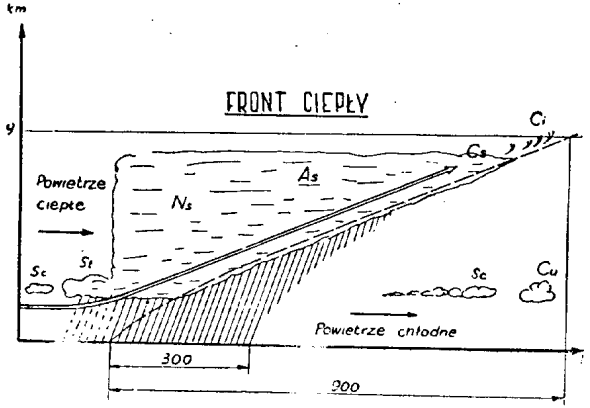
Rys. 116. Zachmurzenie burzowe przy froncie chłodnym

się od 800 m w godzinach rannych do 1600 m w godzinach popołudniowych.

Przy napływie powietrza arktycznego z północy lub północnego-wschodu mamy również silną równowagę chwiejną, lecz mniejszą wilgotność niż przy powietrzu polarno-morskim. Podstawa chmur kłębiastych jest wyższa i wynosi 1300—2000 m. Przy tym typie pogody powietrze jest zimne i czyste, przejrzystość wspaniała, zachmurzenie małe lub całkowity błękit.

Przy napływie powietrza zwrotnikowego mamy złą pogodę, zachmurzenie warstwowe, dużo pyłów i zawiesin w powietrzu, stąd zła widoczność, często długotrwałe deszcze, trwające kilka dni. Brak jest w takim powietrzu równowagi chwiejnej, czyli jest to pogoda niekorzystna dla szybowników.

Powierzchnie styku mas powietrza ciepłego i zimnego nazywamy frontami. Rozróżniamy fronty ciepłe i chłodne. Jeżeli powietrze zimne wypycha ku górze powietrze ciepłe, to front nazywamy chłodnym (rys. 116). Na czole tego frontu tworzy się zwykle burza z piorunami, ulewą i wichurą. Prądy wstępujące są w burzach tak silne, że potrafią porywać w górę nawet drobne przedmioty i o ile ktoś spotkał się z powiedzeniem, że żaby spadały z nieba, ma to swoje uzasadnienie w występowaniu potężnych



Rys. 117. Powstawanie chmur i opadów skutkiem wślizgiwania się powietrza ciepłego na chłodne (front ciepły)

prądów wstępujących, mogących wyssać kałuże wody z całą zawartością.

Gdy powietrze ciepłe naciera na chłodne, mamy front ciepły. Ponieważ powietrze chłodne jest cięższe, zostaje ono przy ziemi i wskutek tarcia o ziemię wycofując się wlecze „ogon" po ziemi. Powietrze ciepłe jako lżejsze wchodzi klinem, długim na kilkaset kilometrów nad powietrze chłodne (rys. 117). Na początku klina pojawiają się cirrusy, potem chmury coraz niższe, aż w końcu nimbostratus i rozpoczyna się brzydka pogoda, tzw. „trzydniówka" (3 dni deszczu). Front ciepły posuwa się dość powoli. Po cirrusach możemy przewidzieć zbliżanie się niepogody, nawet na 2 dni naprzód.

O ile dwa fronty dogonią się i połączą, otrzymamy tzw. okluzję.

OBSŁUGA METEOROLOGICZNA LOTNICTWA

Na zakończenie dowiemy się jeszcze, w jaki sposób odbywa się obsługa meteorologiczna lotnictwa.

W Polsce i we wszystkich krajach na całym świecie istnieje gęsta sieć stacji meteorologicznych rejestrujących systematycznie aktualny stan pogody co godzinę. Zarejestrowane dane meteorologiczne, jak ciśnienie, temperatura, wilgotność, siła i kierunek wiatru, rodzaj zachmurzenia itp., są przekazywane do okręgowych biur pogody, gdzie nanoszone są na mapę zwaną mapą synoptyczną. Biura pogody różnych państw wymieniają dane meteorologiczne między sobą i w ten sposób powstaje mapa synoptyczna obejmująca np. obszar Europy. Doświadczeni meteorolodzy na podstawie takich map potrafią przewidzieć z dużą dokładnością stan pogody na kilka godzin, dzień czy nawet kilka dni naprzód.

Wspomniane biura pogody wydają specjalne komunikaty dla potrzeb lotnictwa i informują o zbliżaniu się niebezpiecznych frontów zwanych nawałnicami lub sztormami. Pilot obowiązany jest przed startem odebrać aktualny komunikat meteorologiczny nad trasą lotu i lotniskiem lądowania. Szkoły szybowcowe i aerokluby otrzymują z biur pogody specjalne komunikaty, w których między innymi podawana jest chwiejność masy powietrza lub nawet średnie wznoszenia prądów wstępujących. Szybownicy otrzymują przez radio swój specjalny komunikat Met-Szyb.

Czego można się dowiedzieć z mapy synoptycznej? Można zobaczyć, gdzie są wyże i niże, gdzie fronty ciepłe i chłodne oraz okluzje, jakie jest zachmurzenie, temperatura, ciśnienie, kierunek, siła wiatru itp. Naniesione są na niej symbole synoptyczne, za pomocą których znaczy się stan pogody w miejscowościach, gdzie znajdują się stacje meteorologiczne.

Literatura pomocnicza:

Wł. Parczewski — „Meteorologia szybowca".
Wł. Parczewski — „Czynniki pogodotwórcze".
Wł. Parczewski — „Tajniki przewidywania pogody".
Wł. Parczewski — „Ukryte siły atmosfery".
Bartnicki — „Losy pary wodnej w atmosferze".
Szczeciński — „Meteorologia dla wszystkich".

PYTANIA EGZAMINACYJNE

I. Wiadomości ogólne o szybownictwie

1. Jakie są warunki przyjęcia na szkolenie szybowcowe?
2. Gdzie odbywa się szkolenie szybowcowe?
3. Jakie znasz odznaki szybowcowe i jakie są warunki uzyskania ich?
4. Czy kurs szybowcowy daje Ci zawód lotnika?
5. Gdzie można się dalej szkolić po powrocie z szybowiska?
6. Jak założyć koło lotnicze lub harcerski zastęp lotniczy?
7. Co to jest FAI, Aeroklub PRL oraz aerokluby regionalne?
8. Jaką funkcję spełniają KCSP oraz DLC?
9. Jaki jest pożytek z szybownictwa?
10. Jakie znasz czasopisma i książki lotnicze, jaka jest ich treść?
11. Co wiesz o Lilienthalu i Tańskim?
12. Jakie były najważniejsze wydarzenia szybowcowe w Polsce w okresie międzywojennym?
13. Jak wyglądał rozwój polskiego szybownictwa po wojnie?
14. Jakie są obecne szybowcowe rekordy światowe?
15. Jakie znasz najnowsze osiągnięcia polskich szybowników?
16. Jak należy poruszać się po lotnisku?
17. Jakie są obowiązki pilota przed lotem?

II. Zasady lotu

1. Jak powstaje opór (opór ciśnienia i opór tarcia)?
2. Od czego zależy opór ciała?
3. Jak powstaje siła nośna (podać również zasadę ciągłości i prawo Bernouli'ego)?
4. Od czego zależy siła nośna?
5. Co to jest cięciwa i kąt natarcia?
6. Jakie są skutki przekroczenia kąta oderwania strug?
7. Co to jest doskonałość?
8. Jak powstaje opór indukowany i jak można go zmniejszyć?
9. Jakie są punkty charakterystyczne na biegunowej szybowca?

10. Jak można powiększyć doskonałość szybowca?
11. Jakie znasz rodzaje profilów lotniczych?
12. Co można odczytać z biegunowej prędkości?
13. W jaki sposób szybowiec wznosi się w górę?
14. Jakie siły działają na szybowiec w locie?
15. Jakie obroty może wykonać szybowiec i jak je nazywamy?
16. Kiedy szybowiec jest stateczny podłużnie?
17. Co to jest wyważenie szybowca i jak wpływa na stateczność?
18. Do czego służy statecznik pionowy.
19. Po co nadaje się skrzydłom wzniос?
20. Jak działa ster wysokości, ster kierunku oraz lotki?
21. Jak przebiega start szybowca za wyciągarką?
22. Jak przebiega sygnalizacja na starcie wyciągarkowym?
23. Dlaczego nie wolno ściągać drążka na siebie przy starcie za wyciągarką przy wysokości mniejszej niż 30 m?
24. Jakie są czynności przy odczepieniu linki? Jak należy postępować, gdy linka się nie odczepiła?
25. Co należy zrobić, gdy szybowiec wpadnie w korkociąg?
26. Jak wykonuje się zakręt, jakie siły działają w zakręcie na szybowiec?
27. Co to jest wyślizg i ześlizg, jak naprowadzić kulkę chyłomierza do położenia środkowego?
28. Jak wykonuje się lądowanie?

III. Sprzęt szybowcowy i pomocniczy

1. Wymień najważniejsze materiały lotnicze. Czy materiały lotnicze są kontrolowane?
2. Jakie znasz rodzaje i układy szybowców?
3. Podaj nazwy najważniejszych części szybowca.
4. Jaka jest konstrukcja skrzydła (rodzaje, układy, konstrukcja dźwigarów i żeber)?
5. Jak działają hamulce i klapy?
6. Jak zabezpiecza się sworznie, śruby i ściągacze?
7. Podaj rodzaje kadłubów i ich konstrukcję.
8. Jak działa mechanizm sterowania (schemat)?
9. Jakie znasz szybowce i co o nich wiesz?
10. Na co należy zwracać uwagę przy użytkowaniu szybowca, by go nie uszkodzić?
11. Wyposażenie szybowca, urządzenia w kabinie.
12. Budowa i działanie prędkościomierza.
13. Budowa i działanie wysokościomierza.
14. Budowa i działanie wariometru.
15. Działanie chyłomierza poprzecznego i zakrętomierza.
16. Budowa wyciągarki.

17. Budowa ściągarki.
18. Części składowe spadochronu.
19. Czynności przy skoku z szybowca.
20. Jak ląduje się ze spadochronem?

IV. Meteorologia

1. Atmosfera. Podział na troposferę i stratosferę.
2. Co to jest wilgotność względna powietrza?
3. Co to jest punkt rosy?
4. W jaki sposób powietrze się ogrzewa i czy ogrzewanie się powietrza ma znaczenie dla szybownictwa?
5. Co to jest równowaga chwiejna powietrza i kiedy występuje?
6. Jakie znasz rodzaje prądów wznoszących (termicznych i wymuszonych)?
7. Jaki związek zachodzi między wyżami, niżami i wiatrem?
8. Jakie są przyczyny powstawania chmur?
9. Jakie istnieją rodzaje chmur? Podaj ich nazwy.
10. Jak powstają opady atmosferyczne i od czego zależy wielkość kropli?
11. Przy napływie jakich mas powietrza są najlepsze warunki termiczne?
12. Co to jest front ciepły i front chłodny?
13. Jak wygląda pogoda wyżowa, a jak niżowa?
14. Do czego służy i jak wygląda mapa synoptyczna?
15. Co to jest obsługa meteorologiczna lotnictwa?

SPIS TREŚCI

Str.

WSTĘP 5

Rozdział I — WIADOMOŚCI OGÓLNE O SZYBOWNICTWIE . 7
Jak zostać pilotem 7
Charakter i cechy psychiczne 9
Wymagania zdrowotne 11
Kursy teoretyczne 13
Jak poruszać się po lotnisku 13
Przebieg szkolenia szybowcowego 16
Historia szybownictwa 21
Organizacja szybownictwa 32
Literatura pomocnicza 33

Rozdział II — ZASADY LOTU 34
Aerodynamika i mechanika lotu 34
A. Opór i siła nośna 34
B. Biegunowa szybowca i biegunowa prędkości 45
C. Stateczność i sterowność 53
Technika pilotażu 63
A. Start 63
B. Lot ślizgowy 72
C. Zakręty 74
D. Lądowanie 78
E. Figury akrobacji 79
Literatura pomocnicza 80

Rozdział III — SPRZĘT SZYBOWCOWY I POMOCNICZY . . 81
Budowa i użytkowanie szybowców 81
A. Materiały lotnicze 81
B. Rodzaje szybowców 83
C. Budowa szybowców 85
D. Skrzydło 87
E. Lotki i usterzenie 90

Str.
F. Kadłub 93
G. Mechanizm sterowania 95
H. Użytkowanie szybowców 97
Wyposażenie szybowca 99
Typy polskich szybowców 105
Wyciągarka i ściągarka 115
Budowa i użycie spadochronu 118
Literatura pomocnicza 122

Rozdział IV — METEOROLOGIA 123
Atmosfera 123
Wilgotność powietrza 124
Temperatura powietrza i prądy wznoszące 126
Wiatr 129
Chmury i opady 131
Rodzaje mas powietrznych 133
Obsługa meteorologiczna lotnictwa 137
Literatura pomocnicza 137
Pytania egzaminacyjne 139

J. ADAMEK, A. GLASS

NAUKA PILOTAŻU SZYBOWCOWEGO